

# Respuesta del Cedro (*Cedrela odorata* L.) a diferentes dosis de riego

## *Answer of the cedar (Cedrela odorata L.) to different irrigation dose*

Dr.C. Manuel Reinaldo Rodríguez García<sup>1</sup>, Dr.C. René López Castilla<sup>II</sup>, Dr.C. Roberto Martínez Varona<sup>I</sup>,  
M.Sc. Geisy Hernández Cuello<sup>III</sup>, Tec. Orlando Sarmiento García<sup>I</sup>

<sup>I</sup>Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba.

<sup>II</sup>Instituto de Investigaciones Agro-Forestal (INAF), Playa, La Habana, Cuba.

<sup>III</sup>Universidad Agraria de La Habana, Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

**RESUMEN.** El presente trabajo informa sobre el comportamiento durante nueve años de una parcela de cedro (*Cedrela odorata* L) en asociación con plátano burro CEMSA, plantada en agosto de 2004, en la Unidad de Desarrollo Científico Técnico del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, enclavada en el municipio de Alquizar, provincia de Artemisa. Los tratamientos de riego consistieron en multiplicar la Evapotranspiración de Referencia (*ET<sub>o</sub>*) por Coeficientes de Cultivo (*K<sub>c</sub>*) con valores de 1,0; 0,75 y 0,5 y un tratamiento sin riego. Las mediciones de altura y diámetro a los nueve años, muestran diferencias estadísticamente significativas a favor de los tratamientos con los coeficientes 1,0 y 0,75, con relación al de valor de 0,5 y al tratamiento sin riego, seleccionándose el tratamiento de *K<sub>c</sub>* con valor de 0,75, pues suple totalmente los requerimientos hídricos de los dos cultivos en asociación.

**Palabras clave:** evapotranspiración de referencia, coeficientes de cultivo, plátano burro CEMSA.

**ABSTRACT.** The present study show the behavior during nine years of a cedar parcel (*Cedrela odorata* L) in association with plantain burro CEMSA, planted in August 2004, in the Unit of Technical Scientific Development of the Institute of Agricultural Engineering Research, located in the municipality of Alquizar, province of Artemisa. The irrigation treatments consisted on multiplying the Reference Evapotranspiration (*ET<sub>o</sub>*) for the Crop coefficients (*K<sub>c</sub>*) with values of 1.0, 0.75 and 0.5 and a treatment without irrigation. The height and diameter values for nine years show differences statistically significant in favor of the treatments with Crop coefficients 1.0 and 0.75, with relationship to the Crop coefficients with value of 0.5 and the treatment without irrigation, being selected the treatment of *K<sub>c</sub>* with value of 0.75 because it supplies the water requirements of the two cultures in association.

**Keywords:** reference evapotranspiration, crop coefficients, plantain burro CEMSA.

## INTRODUCCIÓN

El cedro se encuentra distribuido desde el norte de México hasta el norte de Argentina, incluyendo las islas del Caribe, el ambiente de la selva húmeda caducifolia con precipitación anual de 1200-1800 mm y 4 o 5 meses de sequía, presenta las condiciones óptimas para su crecimiento (Arrccee, 2001).

El desarrollo actual de las plantaciones forestales comerciales y la experiencia desarrollada determina las combinaciones agroforestales como una opción técnica viable (López,

2007)<sup>1</sup>. Los árboles de estos sistemas agroforestales cumplen con muchos propósitos como producción de (madera, leña, forraje, frutas, medicinas, etc.) además de servicios (sombra para cultivos y/o animales, protección como en el caso de cortinas rompevientos, etc.), además aumentan la diversidad biológica del agro ecosistema creando en sus ramas, en sus raíces y en la hojarasca, hogares para otros organismos (Beer *et al.*, 2004)<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> LÓPEZ T. G.: *Sistemas agroforestales*, 8pp., SAGARPA. Subsecretaría de Desarrollo Rural, Colegio de Post-graduados, Puebla, México, 2007.

<sup>2</sup> BEER J. IBRAHIM, M. SOMARRIBA, E. BARRANCE, A. LEAKEY R.: *Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales*. Capítulo 6. Árboles de Centroamérica. OFICATIE. 46pp., 2004.

Las plantaciones forestales comerciales asociadas en sistemas agroforestales de maderas preciosas con cultivos agrícolas, permiten socios aceptables técnicamente, además de que muestran mayores beneficios financieros comparados con los cultivos monoespecíficos, convirtiéndose en una buena alternativa para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales (López y Musálem, 2007).

En la industria tabacalera la madera del cedro tiene una importancia muy grande en el mercado de exportación de puros (tabacos), por dicha razón, el grupo empresarial TABACUBA ha decidido iniciar el fomento de plantaciones de Cedro para garantizar sus necesidades futuras y no depender de un mercado incierto e insuficiente,

El objetivo de este trabajo es conocer la respuesta del crecimiento en altura y diámetro del cedro a la aplicación de diferentes cantidades de agua mediante el riego, utilizando como cultivo asociado el plátano Burro CEMSA.

## MÉTODOS

El experimento fue realizado 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 del área de estudio está clasificado como Ferralítico Rojo compactado y el mismo ha sido ampliamente estudiado y caracterizado en cuanto a sus propiedades físicas por Cid *et al.* (2012), presentando valores promedios en sus primeros 100 cm, de densidad aparente de 1,22 kg·m<sup>-3</sup>, contenido de agua en el suelo correspondiente a la capacidad de campo de 0,403 m<sup>3</sup>·m<sup>-3</sup>, contenido de agua en el suelo correspondiente al punto de marchitez permanente de 0,283 m<sup>3</sup>·m<sup>-3</sup> y porosidad total del 51,81%.

El agua utilizada para el riego de acuerdo a la clasificación definida por Ayers y Westcott (1987), atendiendo a los valores de la conductividad eléctrica ( $C_e = 0,83 \text{ ds}\cdot\text{m}^{-1}$ ) y de la relación de absorción de sodio ( $RAS = 1,44 \text{ meq}\cdot\text{l}^{-1}$ ); está clasificada como de salinidad ligera a moderada y es apta para su uso en el riego agrícola.

El cultivo principal a estudiar es el Cedro Rojo (*Cedrela odorata*. L) plantado a 3,5 m entre hileras y 3,5 m entre plantas. Y de forma intercalada como cultivo asociado el clon de plátano Burro CEMSA (*Musa ABB*), plantado dentro de cada hilera de arboles de cedro y en el centro entre dos plantas contiguas.

La entrega de agua al cultivo se realizó con un sistema de riego localizado, empleando la técnica de riego por goteo, con emisores autocompensantes, de caudal medio de 5 L·h<sup>-1</sup> a 100 kPa de presión, dispuestos en franja continua de humedecimiento y espaciados a 0,4 m, en laterales de PEBD de 16 x 13 mm, dispuestos uno por hilera de plantas. En la tubería distribuidora, se colocaron tres salidas comandadas con válvulas que atienden de forma diferenciada cada tratamiento.

Durante el período de investigación, las plantas de los diferentes tratamientos recibieron un diferente volumen de agua de riego, el cual fue medido por metro contadores tipo Woltman con precisión de 0,001 m<sup>3</sup>, éste se efectuó de acuerdo con la estrategia de intervalo fijo (cada dos días) y dosis variable en

función de los coeficientes de cultivo ( $K_c$ ) seleccionados, multiplicados por la evapotranspiración de referencia  $E_{To}$  calculada por la ecuación de FAO Penman- Monteith (Allen *et al.* 2006), cuya cuantía representaba la  $E_{To}$  promedio de la desena del mes en que se estaba efectuado el riego y cuyos valores fueron extraídos del trabajo de Solano *et al.* (2009) y en específico de la estación agroclimática de Güira de Melena que es la más cercana al área de estudio.

La lluvia efectiva fue calculada siguiendo el procedimiento propuesto por el Soil Conservation Service of the U.S. Department of Agriculture, citado por Dastane (1974) que calcula la precipitación efectiva a partir de la lluvia total y el consumo mensual de agua.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, las parcelas experimentales estuvieron conformadas por 116 plantas, de las cuales se utilizaron 50 plantas como área de cálculo y las demás fueron áreas de bordes.

Los tratamientos aplicados fueron los siguientes:

**T0** – Coeficiente de cultivo ( $K_c = 1$ ).

**T1** - Coeficiente de cultivo ( $K_c = 0,75$ ).

**T2** - Coeficiente de cultivo ( $K_c = 0,5$ ).

**TSR** – Sin riego.

Durante el transcurso del experimento se realizaron las mediciones de la altura, y el diámetro de los arboles de cedro, usando para ello una cinta métrica con precisión de 1 mm. El incremento de la altura de la planta fue medido anualmente, tomándose desde la superficie del suelo hasta el punto de emisión de las hojas en el tallo, con igual regularidad se midió el diámetro del tronco a 1,3 m de altura a partir de la base del tallo, altura ésta que en la bibliografía consultada se le llama diámetro a la altura del pecho y se designa con las siglas (dap).

Para la comparación estadística de las mediciones de altura y diámetro del tallo del cedro, se utilizó un análisis de varianza multifactorial, utilizado la altura y diámetro como variables dependientes y los tratamientos como factores de que dependen, realizando la dócima de Tukey al 5% de probabilidad, cuando existieron diferencias significativas entre las medias.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se presentan las cantidades de agua promedio anuales aportadas a cada tratamiento experimental tanto por riego como por lluvia, como se puede observar, existen diferencias en cuanto a las dosis de riego más lluvia aprovechable disponibles para los diferentes tratamientos experimentales, pudiéndose constatar que el tratamiento T1 con respecto al T0, recibió 296,24 mm de agua menos, el T2 recibió 562,38 mm menos y el TSR recibió 844,83 mm menos.

El diámetro a la altura del pecho es el mejor predictor de crecimientos y rendimientos (Grogan y Matthews-Landis 2009; Navarrete *et al.* 2008). La Figura 1, muestra el incremento del grosor del tronco del cedro durante los nueve años evaluados, como puede notarse hay un incremento sostenido de este indicador, lográndose incrementos por año de 1,83 cm como promedio.

**TABLA 1. Cantidades de agua promedio anuales aportadas a cada tratamiento experimental tanto por riego como por lluvia**

Tratamientos	TSR	T0	T1	T2
		Kc =1	Kc = 0,75	Kc =0,50
Dosis de riego promedio anual (mm)	-	1184,94	888,71	592,47
Dosis de riego + lluvia aprovechable promedio anual (mm)	1035,48	1880,31	1584,07	1317,93
Lluvia aprovechable promedio anual (mm)	1035,48	-	-	-

Estos resultados son comparables a los observados por Ramírez *et al.* (2008), que para una plantación de tres años, encontraron un crecimiento promedio en diámetro de 1,72 cm por año. Viera y Pineda (2004), que en Honduras revelaron que en plantaciones de *Cedrela odorata* en linderos de cafetales se puede lograr un incremento medio anual (IMA) de 3,77 cm en diámetro y Villareal *et al.* (2006) en la evaluación del Sistema de Asociación Forestal (SAF) con papaya en Venezuela encontraron que el comportamiento del crecimiento medio anual en dap fue de 2,84 cm, siendo la especie más exitosa en crecimiento medio anual en los dos primeros periodos evaluados.

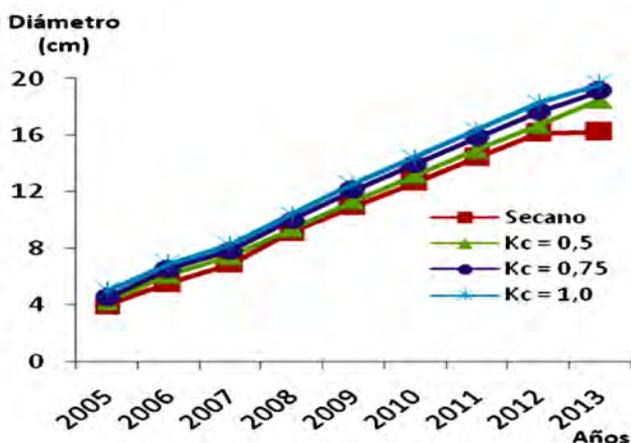


FIGURA 1. Incremento del diámetro del cedro en los distintos tratamientos experimentales.

En la Figura 2, se observa el incremento de la altura del árbol de cedro notándose que hay también un incremento sostenido de este indicador, lográndose incrementos por año de 1,13 m como promedio.

Los resultados obtenidos en cuanto a incremento de la altura, están en el rango de los valores brindados por Yamada y Gholz (2002), los cuales reportan que el cedro en Honduras parece ser una especie de rápido crecimiento al alcanzar tasas de crecimiento de hasta 2,54 m anuales. Ramírez *et al.* (2008), quienes citan

que el crecimiento anual promedio en altura fue de 1,46 m. Viera y Pineda (2004) que revelaron que en plantaciones en Honduras se puede lograr un incremento medio anual (IMA) de 1,09 m en altura y Navarro *et al.* (2004) que reportan un crecimiento en altura de 1,99 m a los dos años de edad de la plantación.

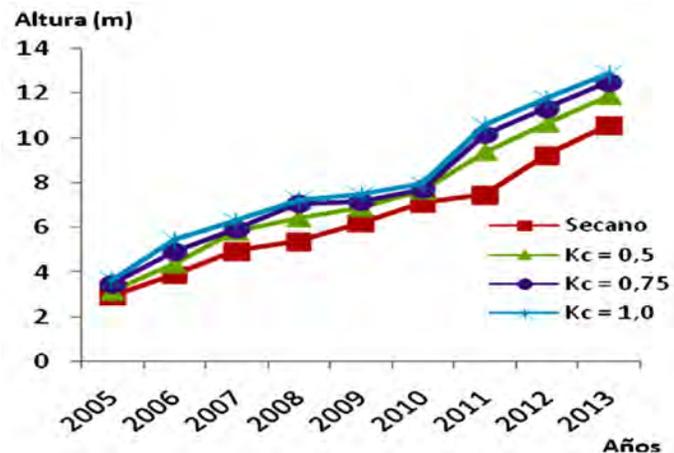


FIGURA 2. Incremento de la altura del cedro en los distintos tratamientos experimentales.

En la Tabla 2, se exponen los resultados del análisis estadístico realizado a los valores de diámetro y altura de los árboles de cedro alcanzados por los distintos tratamientos en diciembre de 2013, momento en que los mismos cumplían nueve años de plantados.

Como se puede constatar, los arboles a los que se les suministro el 100% y 75% de sus requerimientos hídricos, alcanzaron los mayores valores de diámetro de tronco y altura de la planta, lo que equivale a mayor volumen en metros cúbicos de madera. De igual manera estos dos tratamientos difieren desde el punto de vista estadístico, con el tratamiento al que solo se le suministro el 50% de sus requerimientos hídricos mediante el riego y este a su vez con el tratamiento que tuvo como único suministro de agua, a la aportada por la lluvia.

**TABLA 2. Valores de diámetro y altura del cedro medidos en diciembre de 2013, cuando las plantas tenían nueve años de plantadas**

Parámetros	Tratamientos			TSR	Es ±	Sig.
	To Kc = 1	T1 Kc = 0,75	T2 Kc = 0,5			
Diámetro del tronco (cm)	19,607a	19,509a	18,431b	16,215c	0,089	***
Altura de la planta (m)	12,863a	12,686a	11,865b	10,560c	0,047	***

Teniendo en cuenta que en el tratamiento T1 las dos variables morfológicas evaluadas en el cedro, no difieren desde el punto de vista estadístico con el tratamiento To y puesto que con el tratamiento T1, se suplen también a plenitud los requerimientos hídricos del plátano cultivo intercalado dentro de la plantación de cedro, que según González (2013)<sup>3</sup>, tiene un rango de consumo de agua por ciclo productivo entre 1 200 y 1600 mm. Se selecciona como coeficiente de cultivo a usar en el cálculo de las necesidades de agua de plantaciones comerciales de cedro en asociación con plátano, el Kc con valor de 0,75, el cual posibilita un crecimiento intensivo y sostenido de ambos cultivos.

<sup>3</sup> GONZÁLEZ, F.: *Funciones agua rendimiento para cultivos de importancia agrícola en Cuba*, 100pp., Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias. Instituto de Investigaciones Fundamentales en la Agricultura Tropical. La Habana, Cuba. 2013.

En correspondencia a los resultados alcanzados, Somarriba *et al.* (2001); Villareal *et al.* (2006) y Suatunce *et al.* (2009); exponen que los árboles maderables de alto valor comercial crecen más en diámetro y altura en sistemas agroforestales que en plantaciones puras.

Para el diámetro a la altura del pecho (dap) Worbes (1999), cita valores superiores a los alcanzados en este trabajo, manifestando que en el caso de Honduras es posible alcanzar dap máximos de 30 cm a los diez años de edad en la zona de Occidente y para la Reserva de Caraparos, Venezuela, diámetros de 28 cm.

Con respecto a la altura, Cole y Ewel (2006), expresan que en condiciones muy óptimas el cedro podría alcanzar alturas de 15

m a los 13 años de edad, valores que están dentro del entorno de los valores alcanzado en este trabajo en los tratamientos To y T1.

## CONCLUSIONES

- Las necesidades totales de agua calculadas a partir del coeficiente de cultivo con valor de 0,75, permiten suplir los requerimientos de agua de la asociación cedro –plátano.
- Los valores promedios de crecimiento en altura y diámetro del cedro al noveno año de evaluación, muestran el excelente desarrollo de la plantación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M.: *Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Estudio FAO Riego y Drenaje 56. ISBN 92-5-304219-2, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 2006.
- ARRCCEE, E.: *Árboles melíferos nativos de Mesoamérica. Proyecto de Manejo de Abejas y Bosques (PROMABOS) [en línea] 2001, Disponible en: <http://www.bio.uu/promabos> [Consulta: mayo 18 2015]*.
- AYERS, R. y D. WESTCOT: *La calidad del agua en la agricultura*. Estudio FAO Riego y Drenaje 29. Roma, Italia. 174pp., ISBN 92-5-302263-9. 1987.
- CID, G., LÓPEZ, T., GONZÁLEZ, F., HERRERA, J., RUIZ, M.: “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 (julio-diciembre), 2012.
- COLE, TG; EWEL, J.J.: “Allometric equations for four valuable tropical tree species”. *Forest Ecology and Management*, ISSN: 0378-1127, 229 (1-3): 351-360. 2006.
- DASTANE, N.G.: *Precipitación efectiva en la agricultura de regadío. Estudio sobre riego y avenamiento 25*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. ISBN 978-9252002723, 1974.
- GROGAN, J; MATTHEW LANDIS, R.: “Growth history and crown vine coverage are principal factors influencing growth and mortality rates of big leaf mahogany *Swietenia macrophylla* in Brazil”. *Journal of Applied Ecology*, ISSN: 0021-8901, 46 (6):1283-1291, 2009.
- LÓPEZ S. E., MUSÁLEM S. M. A.: “Sistemas agroforestales con cedro rojo, cedro nogal, y primavera, una alternativa para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales en los Tuxtles, Veracruz, México”. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, ISSN: 0186-3231. 13 (001): 59-66 (enero-junio), 2007.
- NAVARRETE, E; CÁRCAMO, J; NOVOA, P.: “Modelos de crecimiento diametral para *Austrocedrus chilensis* en la Cordillera de Nahuelbuta, Chile: Una interpretación biológica”. *Cien. Inv. Agr.*, ISSN: 0304-5609, 33 (3): 311-320. 2008.
- NAVARRO, C; MONTAGNINI, F; HERNÁNDEZ, G.: “Genetic variability of *Cedrela odorata* Linnaeus: results of early performance of provenances and families from Mesoamerica grown in association with coffee”. *Forest Ecology and Management*, ISSN: 0378-1127, 192 (2-3): 217-227, 2004.
- RAMÍREZ GARCÍA, C; VERA, G; CARRILLO, G; SALBADOR MAGAÑA, O.: “El cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) como alternativa de reconversión de terrenos agrícolas en el sur de Tamaulipas”. *Agric. Téc. Méx.*, ISSN 0568-2517, 34 (2): (abr./jun), 2008.
- SOLANO, O., MENÉNDEZ, C., VÁSQUEZ, R., MENÉNDEZ, J.: “Zonificación de la evapotranspiración de referencia en Cuba”. Atlas Agro meteorológico de Disponibilidades Hídricas para una Agricultura de Secano, Instituto de Meteorología. *Revista cubana de meteorología*. ISSN: 0864-151X (P), 2003.
- SOMARRIBA, E; VALDIVIESO, R; VÁSQUEZ, W; GALLOWAY, G.: “Survival, growth, timber productivity and site index of *Cordia alliodora* in forestry and agroforestry systems”. *Agroforestry Systems*, ISSN: 0167-4366, 51: 111–118, 2001.
- SUATUNCE, P; DÍAZ, G; GARCÍA, L.: “Evaluación de cuatro especies forestales asociadas con café (*Coffea arabica* L.) y en monocultivo en el litoral Ecuatoriano”, *Ciencia y tecnología*, ISSN: 1810-6781, 2 (2): 29-34, 2009.
- VIERA, C. J.; PINEDA, A.: “Productividad de un lindero maderable de *Cedrela odorata*”. *Agronomía Mesoamericana*, ISSN: 1659-1321, 15 (1): 85-92, 2004.
- VILLAREAL, A; CARRERO, G; ARENDS, E; SÁNCHEZ, D; ESCALANTE, E.: “Evaluación de rendimientos y rentabilidad de los componentes asociados *Swietenia macrophylla* (Caoba), *Cedrela odorata* (Cedro) y *Carica papaya* (Lechosa), establecidos en ensayos agroforestales en la Finca ULA”, Estación Experimental Caparo, Edo. Barinas, Venezuela”, *Revista Forestal Latinoamericana* ISSN: 0798-2437, 39: 85-104, 2006.
- WORBES, M.: “Annual growth rings, rainfall-dependent growth and long-term growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela”, *Journal of Ecology*, ISSN: 0022-0477, 87: 391-403, 1999.
- YAMADA, M; GHOLZ, H.: “Growth and yield of some indigenous trees in an Amazonian agroforestry system: a rural-history-based analysis”. *Agroforestry Systems*, ISSN: 0167-4366, 55 (1): 17-26, 2002.

**Recibido:** 27/10/2014.

**Aprobado:** 23/07/2015.

**Publicado:** 05/09/2015.

Manuel Reinaldo Rodríguez García, Ing. Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric). Carretera de Fontanar, km 2½, Reparto Abel Santa María, Boyeros, La Habana, Cuba. Correo electrónico: [dptoriego2@iagric.cu](mailto:dptoriego2@iagric.cu)

René López Castilla, Instituto de Investigaciones Agro-Forestal (INAF), Correo electrónico: [dptoriego2@iagric.cu](mailto:dptoriego2@iagric.cu)

Roberto Martínez Varona, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Correo electrónico: [dptoambiente2@iagric.cu](mailto:dptoambiente2@iagric.cu)

Geisy Hernández Cuello, Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA), Correo electrónico: [geisyh@unah.edu.cu](mailto:geisyh@unah.edu.cu)

Orlando Sarmiento García<sup>1</sup>, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Correo electrónico: [dptoriego2@iagric.cu](mailto:dptoriego2@iagric.cu)