

NOTA TÉCNICA

Medición de la lluvia en la explotación de los sistemas de riego en Camagüey

Mensuration of the rain in the operation of the irrigation systems in Camagüey province

Dr.C. Camilo Bonet Pérez, Ing. Pedro Guerrero Posada

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

RESUMEN. Los efectos del cambio climático sobre la producción agrícola se manifiestan en la alternancia de períodos de sequía y lluvias intensas que hacen cada vez más difícil la organización de la producción agrícola; en este contexto, la organización de la explotación de los sistemas de riego requiere de un control eficiente de la lluvia y su vinculación a las características del suelo y el cultivo. Durante los últimos años la disponibilidad de pluviómetros es cada vez más limitada, lo cual ha provocado que muchos sistemas de riego no cuenten con la información precisa y oportuna sobre la lluvia y se tomen por tanto decisiones sobre la programación del riego sin un fundamento técnico apropiado, esto deriva en el uso ineficiente del agua y la energía disponibles. Con vistas a suplir la carencia de pluviómetros se han probado durante el año 2010 recipientes pluviométricos calibrados en la UBPC Victoria 2 de la Empresa Agropecuaria Camagüey perteneciente al Minag. Las lecturas de las precipitaciones han sido comparadas con las registradas en un pluviómetro estándar y los resultados obtenidos han sido sometidos a una evaluación estadística cuyo resultado ha indicado un coeficiente de determinación de 0,98.

Palabras clave: precipitación, pluviómetro, humedad, productividad del agua.

ABSTRACT. The effects of the climatic change on the agricultural production are manifested in the alternation of periods of drought and intense rains that make more and more difficult the organization of the agricultural production; in this context, the organization of the exploitation of the irrigation systems require an efficient control of the rain and its linking to the characteristics of the soil and the culture. During the last years the availability of pluviometers is more and more limited, making that many irrigation systems don't give the precise and opportune information on the rain and therefore to take decisions on the programming of the watering without a technical, appropriate basis, causing an inefficient use of the water and the energy. With a view to replacing the lack of pluviometers have been tested during 2010 the pluviometers calibrated in the cooperative Victoria 2 of the Agricultural Company Camagüey, of Minag. The readings of the rains have been compared with the ones registered in a standard pluviometer and the obtained results have been subjected to a statistical evaluation whose result has indicated a coefficient of determination of 0.98.

Keywords: rain, pluviometer, humidity, water productivity.

INTRODUCCIÓN

La lluvia es un fenómeno atmosférico de tipo acuático que se inicia con la condensación del vapor de agua contenido en las nubes. Según la definición oficial de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la lluvia es la precipitación de partículas líquidas de agua, de diámetro mayor de 0,5 mm o de gotas menores, pero muy dispersas; si no alcanza la superficie terrestre, no sería lluvia sino virga y si el diámetro es menor sería llovizna (OMM, 1993).

La lluvia depende de tres factores: la presión atmosférica, la temperatura y, especialmente, la humedad atmosférica (Luna *et al.*, 2009). El pluviómetro es el instrumento que se emplea para

la recogida y medición de la precipitación, el diseño básico consiste en una abertura superior (de área conocida) de entrada de agua al recipiente, que luego es dirigida a través de un embudo hacia un colector donde se recoge y puede medirse visualmente con una regla graduada o mediante el peso del agua depositada. La medición se expresa en milímetros de agua y equivale al agua que se acumularía en una superficie horizontal e impermeable durante el tiempo que dure la precipitación o sólo en una parte del periodo de la misma (Pazos, 2005)¹.

Los crecientes problemas existentes en el mundo respecto a la disponibilidad de agua para diferentes usos, y en particular para

¹ PAZOS, R.V. Hidrología Agrícola, 2005.

el riego, hacen del uso eficiente del agua una dirección de trabajo priorizada en el sector agropecuario (Falkenmark y Vincent, 2005).

El empleo eficiente de la lluvia en función de las necesidades hídricas de los cultivos adquiere mayor relevancia en los países con un régimen limitado de precipitaciones (AQUASTAT, 2006).

El conocimiento del nivel de humedad en el suelo y su manejo en las prácticas del riego y el drenaje es un factor decisivo para la obtención de los rendimientos potenciales de los cultivos, en este contexto el control de la lluvia y su manejo adecuado según las condiciones de suelos y cultivos resulta de particular interés (Doorenbos y Kassam, 1998).

Existen diferentes tipos de pluviómetros cuyo uso estará determinado por el objetivo de la medición, los más comunes son el pluviómetro estándar y el pluviógrafo. Últimamente los pluviómetros disponibles en el mercado son digitales, registrando el movimiento de las cubetas por medio de sistemas electrónicos que pueden conectarse, por ejemplo, vía radio, con un servidor central que almacena todos los datos recogidos (Civiate y Mandel, 2010).

Refiere Besseat (2005) que la lluvia puede ser descrita en los siguientes términos: intensidad, duración, altura, frecuencia, distribución temporal y distribución espacial, cada uno de los cuales tiene un alto valor relativo en dependencia del objetivo perseguido.

Uno de los aspectos más importantes para la actividad agropecuaria lo constituye la intensidad, por su implicación en el aprovechamiento de la lluvia (Pizarro *et al.*, 2002); en la

Tabla 1 se muestra la clasificación.

TABLA 1. Clasificación de la precipitación según la intensidad

Clase	Intensidad media (mm · h ⁻¹)
Débiles	≤ 2
Moderadas	> 2 y ≤ 15
Fuertes	> 15 y ≤ 30
Muy fuertes	> 30 y ≤ 60
Torrenciales	> 60

La medición de la lluvia como parte de la información necesaria para la operación de los sistemas de riego se ha hecho cada día más limitado por la carencia de pluviómetros estándar.

En la provincia de Camagüey estos pluviómetros han prácticamente desaparecido en las áreas de riego, manteniéndose sólo los vinculados a la red del INRH, a las estaciones del Instituto de Meteorología y algunos otros aislados, los cuales resultan evidentemente insuficientes para los objetivos de la programación del riego en la base.

Se requiere por tanto evaluar alternativas que permitan ofrecer una solución a la carencia de pluviómetros, y que estas sean suficientemente confiables para su empleo en las tareas relacionadas con la operación de los sistemas de riego.

Objetivo: Evaluar alternativas que permitan un control de la lluvia suficientemente efectivo para su empleo en la programación del riego.

MÉTODOS

Se tomó como referencia la UBPC Victoria 2 perteneciente a la Empresa Agropecuaria Camagüey, dicha UBPC cuenta con un área agrícola de 210,0 ha y un área de riego de 120,0 ha distribuidas por técnicas de riego de la siguiente manera: Máquinas de pivote central 80,0 ha; Riego por aspersión 40,0 ha.

Los suelos son clasificados como Fersialítico Pardo Rojizo Típico y Oscuro Plástico no Gleyzado, y sus características hidro-físicas se resumen en la Tabla 2. (Bonet, 2010)².

TABLA 2. Propiedades hidrofísicas de los suelos

A. Fersialítico Pardo Rojizo Típico						
Profundidad (cm)	Densidad aparente (g · cm ⁻³)	Porosidad (%)	Capacidad de campo (% bss)	Coefficiente de marchitez (% bss)	Límite productivo (% bss)	Velocidad de infiltración (mm · h ⁻¹)
0 – 10	1,26	52,4	31,4	18,5	29,7	21
10 – 20	1,26	52,4	30,0	17,6	28,3	21
20 – 30	1,26	52,4	34,9	20,5	32,9	21
30 – 40	1,42	47,1	31,3	18,4	33,3	21
40 – 50	1,42	47,2	27,4	16,1	29,1	21
B. Oscuro Plástico no Gleyzado						
0 – 10	0,95	63,0	48,3	28,4	36,7	1,4
10 – 20	1,00	61,0	48,3	28,4	38,6	1,4
20 – 30	1,06	99,7	49,6	29,2	42,0	1,4
30 – 40	1,06	60,7	49,6	29,2	42,0	1,4
40 – 50	1,00	60,0	50,0	29,2	43,2	1,4

Para la operación de los sistemas de riego la UBPC cuenta con una infraestructura y personal, cuyos componentes fundamentales se muestran en las Tablas 3 y 4.

² BONET, P.C. Informe final de proyecto. IAgriC, La Habana, Cuba, 2010.

TABLA 3. Infraestructura de la actividad de Riego y Drenaje en la UBPC Victoria 2

Descripción	Cantidad
Máquinas de pivot eléctricas	6
Sistemas de riego por aspersión	2
Estaciones de bombeo eléctricas	9
Micropresas	4
Evaporímetro	1
Pluviómetro	1

TABLA 4. Personal de aseguramiento a la actividad de Riego y Drenaje en la UBPC Victoria 2

Categoría	Cantidad
Técnico de Riego y Drenaje	1
Mecánico de máquinas y equipos de bombeo	2
Electricista	1
Operadores de máquinas y estaciones de bombeo	9
Regadores	6

Para la medición de la lluvia se utilizaron recipientes plu-

viométricos de las siguientes dimensiones: diámetro 7,4 cm; altura 2,0 cm.

El volumen de lluvia recogido en los recipientes se midió mediante probeta graduada de 500 ml.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una de las problemáticas fundamentales de la UBPC respecto a la organización de la explotación de los sistemas de riego lo constituye la ausencia de criterios técnicos para el manejo del riego cuando ocurren eventos de lluvia (Bonet, 2010).

Según se ha podido conocer a través de los registros de las precipitaciones y de la experiencia de los directivos y técnicos de la UBPC, tradicionalmente éstas no se comportan de forma homogénea en toda el área de la cooperativa, por lo cual se confeccionó una red pluviométrica utilizando el criterio de los Polígonos de Thiessen (Keller *et al.*, 1981).

Al analizar las dimensiones y distribución del área de riego se determinó constituir la red mediante 3 puntos de control de la lluvia que resultan representativos del área de la UBPC, en cada uno de los cuales se instaló un pomo calibrado. En punto No. 1 el pomo se ubicó cercano al pluviómetro estándar que se utilizaría como control.

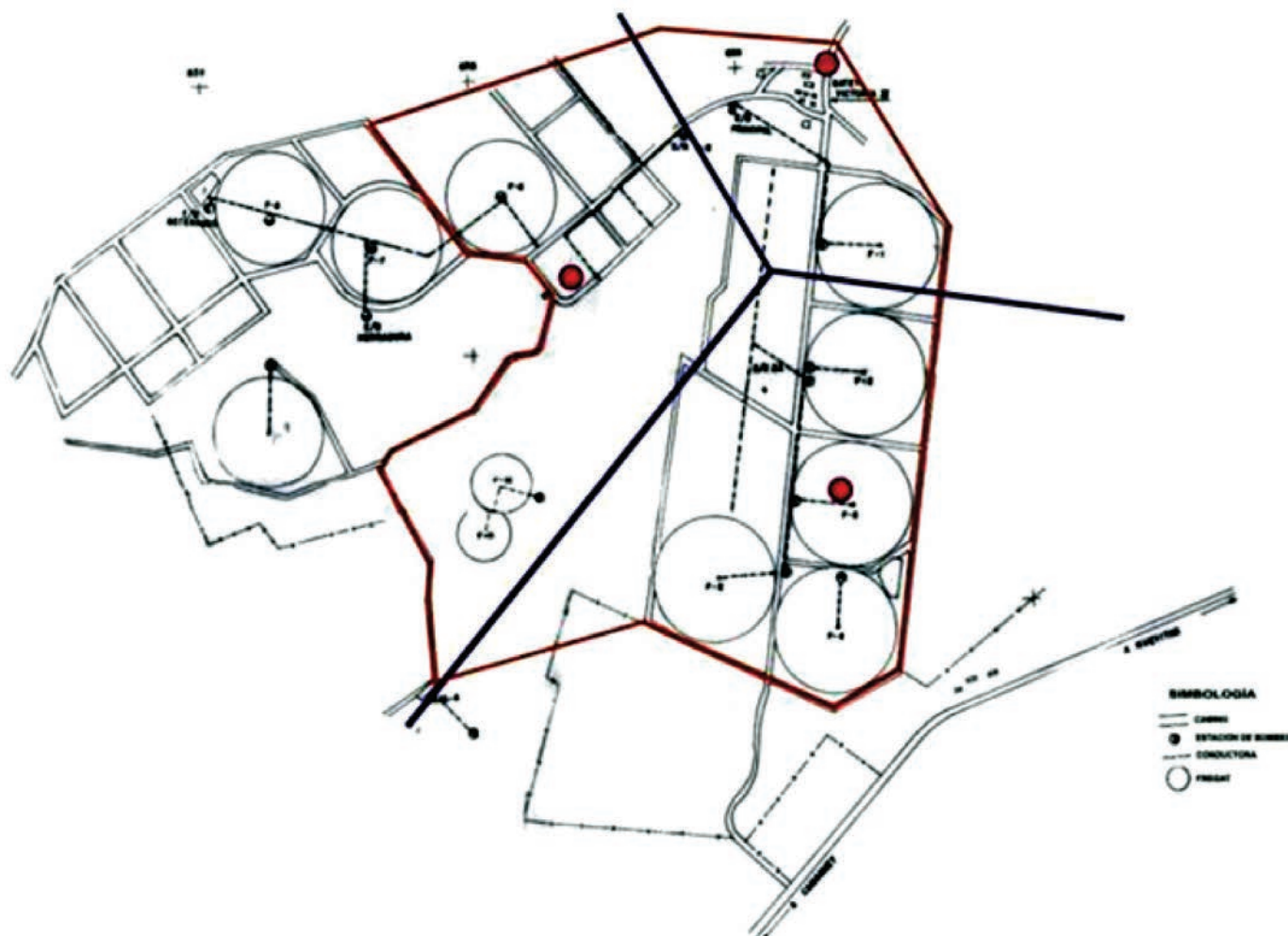


FIGURA 1. Red pluviométrica en la UBPC Victoria 2. Empresa Agropecuaria Camagüey.

Se tienen referencias de utilización de pomos calibrados para el control de la lluvia, en 1639 Benedetto Castelli, un discípulo de Galileo, llevó a cabo las primeras mediciones de precipitación en Europa, para conocer el aporte de agua de un evento de lluvia, utilizando un recipiente de vidrio cilíndrico calibrado con una cantidad conocida de agua (Bellis, 2010).

En la década del 70 en Cuba se utilizaron pluviómetros plásticos en forma de cuña que permitían la lectura directa de la lluvia, lamentablemente su duración fue breve y posteriormente no se continuó su uso.

Los registros históricos de lluvia disponibles permitieron comprobar que las lluvias en el área de la cooperativa no sobrepasan los 75 mm, salvo en el caso de eventos extremos.

Las dimensiones del recipiente seleccionado permiten recoger lluvias equivalentes a 100 mm considerando que debe dejarse un margen de seguridad, o sea, no permitir el llenado completo del recipiente pluviométrico para evitar el desborde del agua y la consecuente pérdida de la información.

Previamente el recipiente fue preparado de manera que se garantizara la uniformidad del corte en la parte superior.

Los recipientes pluviométricos se situaron siguiendo indicaciones establecidas para los pluviómetros estándar, esto es, en lugares despejados, alejados de obstáculos (a no menos de 4 veces la altura del obstáculo más cercano), y a una altura similar al pluviómetro estándar (Figura 2).

La lectura de la lluvia recogida en el recipiente pluviométrico fue convertida en lámina mediante un coeficiente determinado a partir del área del recipiente. Para las características del recipiente utilizado se obtuvo la relación:

$$L = V \times 0,232$$

donde:

L. Lámina (mm)

V. Volumen (mL)



FIGURA 2. Instalación de recipiente pluviométrico No. 2

Durante un año se efectuaron mediciones de lluvia en el pluviómetro estándar y en los tres recipientes pluviométricos; en todos los casos las lecturas se efectuaban en el horario comprendido entre 7:00 y 8:00 a.m. Los resultados de las precipitaciones ocurridas durante el período evaluado se muestran en la Tabla 5.

Al comparar las lecturas obtenidas en el pluviómetro estándar y en el recipiente pluviométrico No. 1 situado cerca del mismo, se pudo comprobar que se registran lecturas menores en este último con valores entre el 76 y el 97% de las obtenidas en el pluviómetro, las que fueron atribuidas al efecto de salpicadura que se produce por el borde del pomo que no era biselado.

Teniendo en cuenta lo anterior, se calculó un coeficiente de corrección; una vez aplicado este coeficiente se realizó una evaluación estadística entre los valores obtenidos por ambas vías, encontrándose un coeficiente de correlación de 0,98 (Figura 3).

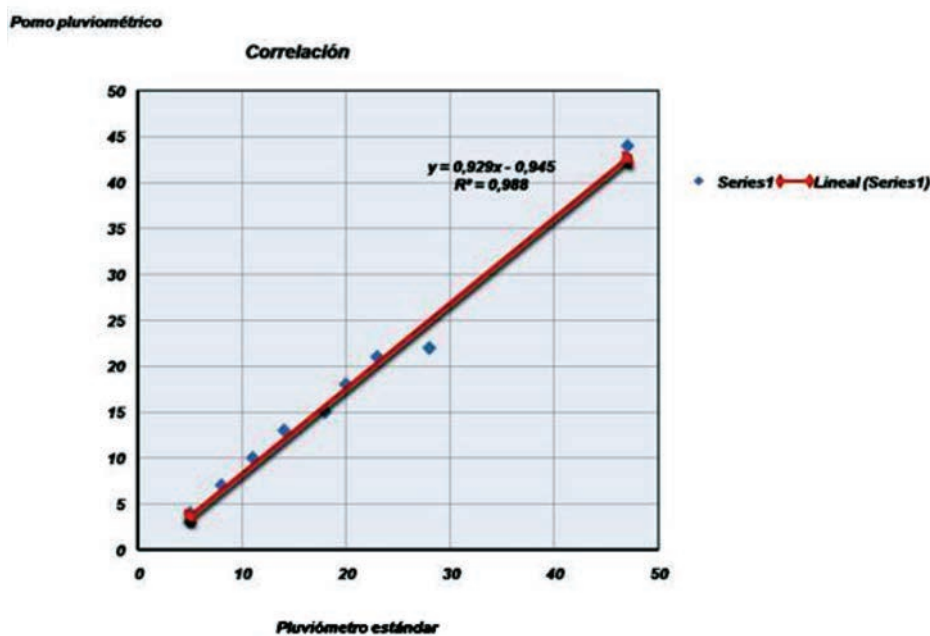


FIGURA 3. Correlación entre valores de lluvia medidos en pluviómetro estándar y en recipiente pluviométrico calibrado.

Esta alta correlación permite considerar la posibilidad de utilizar estos recipientes como una alternativa para el control de la lluvia durante la explotación de los sistemas de riego en ausencia de pluviómetros estándar, estando este resultado en correspondencia con Moncho *et al.* (2010) quienes han señalado que las herramientas utilizadas para el registro y control de las precipitaciones en el mundo son variadas pero en cualquier caso deben permitir la mayor veracidad y confiabilidad de la información.

TABLA 5. Valores de lluvia registrados durante el periodo de evaluación (U.M. mm)

Evento de lluvia, No.	Pluviómetro estándar	Recipiente Pluviométrico No. 1	Recipiente Pluviométrico No. 2	Recipiente Pluviométrico No. 3
1	20,0	18,0	14,3	21,5
2	8,0	6,5	12,0	19,6
3	11,0	10,2	12,5	22,3
4	46,5	44,1	30,6	22,8
5	27,5	22,3	15,4	19,4
6	17,5	15,3	13,8	20,7
7	22,5	20,9	25,9	22,1
8	88,0	84,9	55,0	73,9
9	5,0	3,8	-	-
10	14,4	13,0	13,7	21,3
11	4,5	3,8	11,8	18,9
12	32,8	29,9	25,0	41,3
13	56,4	51,0	62,2	56,6
14	29,0	27,6	23,5	19,9
15	91,0	83,2	77,8	66,4
16	62,6	55,9	49,4	62,1
17	37,0	34,7	52,2	40,5
18	16,6	13,9	21,4	8,1
19	48,3	46,1	68,0	39,9
20	25,2	22,6	13,9	35,2
21	12,9	11,3	6,5	8,4
22	8,4	6,7	12,7	11,2
23	51,0	48,4	35,6	26,8
24	17,4	15,2	29,0	21,7
25	26,8	23,1	32,3	42,0
26	53,1	46,5	36,7	29,0
27	18,7	16,9	22,5	25,5
28	9,6	9,0	21,4	12,3
29	15,1	13,1	19,6	11,7
30	21,0	18,0	32,0	26,5
31	34,5	31,2	24,4	39,9
32	16,0	14,0	29,1	22,0

Durante la realización de las evaluaciones se pudo comprobar que el proceso de lectura con la utilización de recipientes pluviométricos se puede facilitar estableciendo una escala en el propio recipiente, de manera que no sea necesario el empleo de probetas ni el cálculo correspondiente, sino que mediante la observación directa el personal encargado de la lectura pueda efectuar la misma con suficiente veracidad; evidentemente, esta escala sería específica para el recipiente utilizado.

Las lecturas recogidas en los recipientes pluviométricos No. 1, 2 y 3 permitieron comprobar la dispersión de la lluvia

en las áreas de riego de la UBPC; en la Tabla 6 se presenta un resumen de los resultados.

TABLA 6. Comportamiento de la lluvia en los 3 puntos seleccionados para las lecturas durante el periodo evaluado

Pluviómetro	Cantidad de eventos de lluvia	Precipitación (mm)	
		Total	Media
Recipiente No. 1	32	881,1	26,9
Recipiente No. 2	31	900,2	29,0
Recipiente No. 3	31	909,5	29,3

Estos resultados justifican la necesidad de establecer una red pluviométrica que permita lograr un control de las precipitaciones lo suficientemente confiable para su utilización en la programación del riego de los cultivos; al respecto, señalan Alonso (2006) así como Chipana y Osorio (2007)³ que en la actualidad, cuando se incrementa de manera acelerada el uso de tecnologías de riego de punta, debe priorizarse el empleo de métodos eficientes de uso del agua.

CONCLUSIONES

- Es posible lograr la medición de la lluvia con el empleo de recipientes pluviométricos calibrados, cuyos resultados permiten la veracidad necesaria para su empleo en la organización de la explotación de los sistemas de riego.
- La utilización de cualquier tipo de recipiente requiere de una calibración previa con un pluviómetro estándar para la corrección de errores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, R.: *Uso eficiente del agua en el riego: una tarea esencial [en línea]* 2006, Disponible en: <http://www.mesaredonda.cubadebate.cu/> [Consulta: 18 de noviembre del 2006].
- AQUASTAT.: "El riego en África en cifras", Ed. FAO, Roma, *Revista GRID*, ISSN 1021-268X, 24: 22-23, 2006.
- BELLIS, M.: *Rain Gauge, [en línea]* 2010, Disponible en: www.Inventors.about.com [Consulta: 10 de agosto del 2010].
- BESSEAT, F.: "Centro virtual para agua en la agricultura", Ed. FAO, Roma, *Revista GRID*, ISSN 1021-268X, 23: 17-18, 2005.
- CIVIAE, M.; MANDEL, F.: *La mesure de la hauteur des précipitations. Comprendre la météo [en línea]* 2008, Disponible en: www.Inventors.about.com [Consulta: 10 de agosto del 2010].
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H.: *Yield response to water*, 193pp., Irrigation and Drainage, Paper 33, Food and Agriculture Organization of the United Nations, ISBN 92-5-300744-3, Rome, 1998.
- FALKENMARK, J.; VINCENT, A.: *El agua hacia un consumo racional [en línea]* 2005, Disponible en: www.fao.org/ag/agl/aglw/aquastat/countries/ [Consulta: 18 de marzo del 2006].
- KELLER, J.; COREY, W. R.; VAVRA, M. E.: Evaluation of Irrigation Systems. 95-105. En: *Irrigation Challenges of the 80's*. ASAE, St. Joseph, Michigan, USA, 1981.
- LUNA, B.; LEOPOLD, D.; KENNETH, S.: *El Agua*, Colección científica de Time Life, Editorial Lito Offset Latina S.A. México, 2009.
- MONCHO, R.; BELDA, F.; CASELLES, V.: *Climatic study of the exponent "n" in IDF curves: application for the Iberian Peninsula*. Tethys, n6: 3-14. DOI: 10.3369/tethys.2009.6.01, 2010.
- OMM. "Atlas Internacional de Nubes", Volumen I: "Manual de observación de nubes y otros meteoros" Publicaciones de la OMM, N° 407, Ginebra, 1993.
- PIZARRO, R.; PIZARRO, J.P.; SANGÜESA, C.; MARTÍNEZ, E.: *Curvas Intensidad Duración Frecuencia*. Sociedad Estándares de Ingeniería para Aguas y Suelos LTDA, 2002.

Recibido: 23/10/2014.

Aprobado: 16/07/2015.

Publicado: 05/09/2015.

Camilo Bonet Pérez, Investigador, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Carretera de Fontanar, km 2½, Reparto Abel Santamaria, Boyero, La Habana, Cuba, Correo electrónico: esp.iagric@cmg.minag.cu

Pedro Guerrero Posada. IAgric, Correo electrónico: esp.iagric@cmg.minag.cu

³ CHIPANA, R.R.; OSORIO, U.A. Necesidades de agua y programación de riegos: Avances basados en nuevas tecnologías de la información. En: Síntesis de Resultados. Taller Internacional: Modernización de Riegos y Uso de Tecnologías de Información. La Paz, Bolivia, Septiembre 2007. Pp. 9 – 13, 2007.