

## SUELO Y AGUA

### ARTÍCULO ORIGINAL

# Evaluación de la eficiencia de la captación de agua de lluvia en casas de cultivos

## *Efficiency assessment of rainwater collecting in greenhouses*

M.Sc. Marta Paula Ricardo Calzadilla<sup>1</sup>, Dr.C. Marcial Méndez Fernández<sup>1</sup>, Dr.C. Camilo Bonet Pérez<sup>1</sup>,  
M.Sc. Luis O. Sierra Castellanos<sup>1</sup>, M.Sc. Virgen Cutié<sup>II</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba.

<sup>II</sup> Instituto de Meteorología, Regla, La Habana, Cuba.

**RESUMEN.** La captación de las aguas de lluvias es una alternativa eficaz para la conservación de suelos y aguas. El logro del manejo sostenible de las diversas fuentes de agua constituye un reto global, lo cual requiere de soluciones locales efectivas. Aplicando los métodos de captación de lluvias se garantiza la confiabilidad de la producción agrícola y se mitigan los efectos de los eventos extremos. El estudio permitió evaluar la eficiencia de la captación del agua de lluvia, desde los techos de tres casas de Cultivos bajo diferentes condiciones climáticas; a través de indicadores de beneficio; de protección ambiental, socioeconómica y productiva. Los resultados demostraron que el agua de lluvia captada protege los suelos y evita las pérdidas por erosión laminar potencial en los alrededores de las casas estudiadas, en un rango de 0,06 a 5,00 t·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup>. Además se garantiza agua de buena calidad para uso doméstico y consumo humano a un total de 202 personas por 30 días del periodo seco, con el agua captada por solo una casa de cultivo de 540 m<sup>2</sup>. Se demostró además que en cada región será posible diseñar diferentes tipos de cisternas y estanques con capacidad para almacenar más de 480 m<sup>3</sup> lo que satisface las necesidades hídricas de importantes cultivos como: tomate, pimiento y pepino.

**Palabras clave:** uso del agua, indicadores, erosión potencial.

**ABSTRACT.** Rainwater collecting is an effective alternative for the conservation of soil and water. The achievement of sustainable management of the various sources of water is a global challenge, which requires effective local solutions. Using the methods of Rainwater Collecting can be guaranteed the reliability of agricultural production and mitigated the effects of drought. The study allows assessing the efficiency of the use of rainwater collected from roofs of greenhouses, located in different climatic conditions through the benefit indicators such as environmental, socio-economic and productive protection. Results showed that collected rainwater protects the soil and prevents loss by potential laminar erosion in the areas around the houses studied, in a range of 0.06- 5.00 t·ha<sup>-1</sup>·year<sup>-1</sup>. Also ensures good quality water for domestic use and human consumption, to a total of 202 people for 30 days of the dry period, with the water captured in only one greenhouse of 540 m<sup>2</sup>. Also it was shown that in each region it will be possible to design different types of tanks and ponds with a capacity to store more than 480 m<sup>3</sup> which meets the water needs of important crops such as: tomato, pepper and cucumber.

**Keywords:** water use, indicators, potential erosion.

## INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para la vida y su escasez afecta las posibilidades de desarrollo de una región. Sin agua disponible, quedan comprometidas las posibilidades de progreso económico y bienestar social. Por otro lado, el exceso de agua también puede causar severos daños a la producción y la vida (pérdida de cosechas, empobrecimiento del suelo por lixiviación y erosión, riesgos de derrumbes, avalanchas e inundaciones, entre otros). Una alternativa con gran potencial es la captación del agua de

lluvia, ya que para su colecta sólo se requiere de un sistema de captación, el cual tiene ciertas ventajas como: ahorro de energía, ya que se evita todo el proceso de extracción, sistema de distribución y bombeo para su transporte al área de suministro y el tratamiento requerido para garantizar la calidad adecuada para el consumo humano es relativamente barato. Una desventaja es que la disponibilidad de agua se limita a las temporadas de precipitación altas y varía para cada región del país, además

depende del tamaño del área de captación y del tamaño de cisterna de la edificación en caso de ya estar implementada (Rojas-Valencia *et al.*, 2012).

La FAO (2013) señala que bajo la perspectiva del calentamiento global, el problema de la escasez de agua tiende a empeorar en aquellas regiones en las que ya se presenta déficit, sea por la tendencia de reducción de los niveles de precipitación o por el aumento de los niveles de evaporación y transpiración. De esta manera, el problema en la región podría extenderse y agudizarse, alcanzando zonas actualmente subhúmedas y húmedas.

La Captación de Agua de Lluvia es una tecnología mediante la cual se habilitan cubiertas y áreas impermeables con el fin de captar el agua de lluvia, para posteriormente conducirla a lugares donde pueda almacenarse (depósitos, cisternas) y finalmente darle un uso (humano, agrícola o pecuario), utilizados intensivamente en muchas zonas del planeta, surgiendo desde épocas muy antiguas como resultado de las necesidades de demanda de agua. Herrera (2010)<sup>1</sup>.

El agua de lluvia puede captarse tanto de flujos de techos como de escorrentía superficial intermitente o efímeras. Además puede adoptarse provechosamente tanto en regiones áridas y semiáridas como en regiones subhúmedas, donde las crecientes competencias entre sectores por los recursos hídricos incrementan el uso de técnicas alternativas, que contribuyen a reducir los efectos de las fluctuaciones de la lluvia sobre la producción de cultivos y la disponibilidad de agua. La planificación y gestión del agua de lluvia puede también reducir riesgos, prevenir daños a la salud y mitigar desastres (Pacheco, 2008).

En Cuba la actual lámina media histórica que precipita es de 1 335 mm; pero con una distribución estacional y geográfica no uniforme y de comportamiento variable, que da lugar a sus tendencias cíclicas, donde se repiten eventos extremos asociados con las lluvias, tales como lluvias intensas y sequías.

La captación de aguas pluviales y su almacenamiento en cisternas todavía es un concepto novedoso para mucha gente. Sin embargo esta práctica será clave en el futuro para asegurar el abasto de la población urbana y rural con agua de buena calidad en las zonas áridas. (Hieronimi, 2006).

La recogida de las aguas pluviales con el desvío de los primeros milímetros ofrece agua de buena calidad a bajo costo en una cisterna de tamaño adecuado para las personas con pocos recursos. (Doyle, 2010)<sup>2</sup>.

El estudio que se presenta tiene como objetivo evaluar la eficiencia de la captación de agua de lluvia, desde los techos de tres casas de Cultivos bajo diferentes condiciones edafoclimáticas; a través de indicadores de beneficio; de protección ambiental; socioeconómica y productiva.

## MÉTODOS

Para el estudio se seleccionaron 3 casas de cultivos de 540 m<sup>2</sup> cada una, ubicadas en Camalote, Camagüey “La Pupa” Bayamo y en Ceballos Ciego de Ávila.

En cada una de las regiones para la selección de las estaciones se utilizaron criterios de proximidad a la zona de estudio y que las series fuesen completas. Se estudió la pluviometría con un tiempo de retardo de 30 años, de las estaciones: La Bayamesa (Lat 20.387-long 76.623); Camalote (Lat 21.386-long 77.15); y Ceballos (20.38-Long 76.723) (Figura 1).

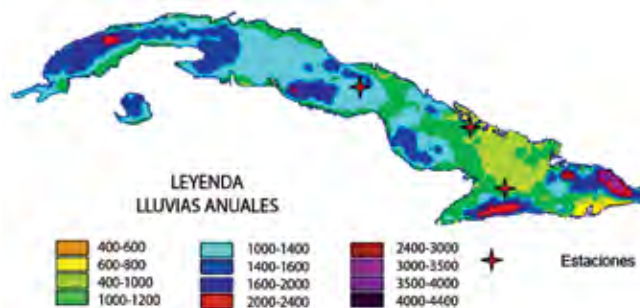


FIGURA 1. Ubicación de las Estaciones Meteorológicas (INRH 2005)<sup>3</sup>.

La lluvia de diseño se determinó por medio del análisis estadístico de probabilidad de la muestra escogida. A través de un método gráfico se determinó la probabilidad o frecuencia de ocurrencia anual de lluvia estacional según FAO (2013).

Para el diseño de las cisternas que almacenaran el agua captada, se determinó el posible volumen; según (Palacio, 2010)

$$Ai = \frac{Ppi * Ce * Ac}{1000} \quad (1)$$

donde:

Ppi: precipitación promedio mensual (L/m<sup>2</sup>);

Ce: Coeficiente de escorrentía;

Ac: Área de captación (m<sup>2</sup>);

Ai: Abastecimiento correspondiente al mes “i” (m<sup>3</sup>).

Para conocer el tipo de suelo, el relieve y otros accidentes de interés en cada uno de los sitios estudiados se analizó el mapa logrado por el proyecto LADA (2010)<sup>4</sup> (1.250 000).

El sitio ubicado en Camalote, Camagüey presenta suelos Pardos con carbonatos sustentados sobre materiales transportados de origen calcáreo con una evolución sialítica en un medio rico en calcio, están ubicados en topografía llana con minerales arcillosos del tipo 1:1 (caolinita) y 1:2 montmorillonita, son suelos medianamente profundos y poco erosionados.

En “La Pupa” Bayamo cuenta con un Fluvisol poco diferenciados con alto grado de estructuración, con densidad aparente mayor de 1.20g·cm<sup>-3</sup> e infiltración menor de 10mm·hora<sup>-1</sup>.

<sup>1</sup> HERRERA M. L. A.: Estudio de alternativas para el uso sustentable del agua de lluvia. Tesis para el Grado de Master en Ingeniería Civil Registro No A080547. Instituto Politécnico Nacional. México DF. 2010.

<sup>2</sup> DOYLE, K AND SHANAHAN, P.: The impact of first flush removal on rainwater quality and Rainwater harvesting system's Reliability in rural Rwanda, pp. 465-474, World Environmental and Water Resources Congress.2010.

<sup>3</sup> INRH. Mapa Isoyético de Cuba período 1961-2000. 2005.

<sup>4</sup> Evaluación de la Degradación de Tierra Secas (LADA): Área Piloto Cuba INFORME TECNICO FINAL. 2010 <http://www.educambiente.co.cu/Desercuba/Documentos/Informe%20Final.pdf>

En Ceballo, Ciego de Ávila los suelos son Ferralíticos rojos, en todo su perfil, arcillosos con una profundidad efectiva de 45 cm presentando buen drenaje interno y superficial, poco erosionados y con cierto grado de graviliosidad, entre los factores limitantes se pueden mencionar la profundidad efectiva, el exceso de piedras y los riesgos de erosión.

Para el análisis de los beneficios de la captación del agua de lluvia desde los techos de las casas de cultivo y el uso eficiente del agua de lluvia captada se seleccionaron 3 indicadores que definen la eficiencia:

**-Valor de protección y mantenimiento:** Como un mecanismo que ayuda a la conservación, reduciendo los riesgos por erosión hídrica.

**Valor Socioeconómico:** Valora el impacto del recurso hídrico captado y almacenado, sobre el bienestar social.

**-Valor Productivo:** Para uso productivo, con las cuales podría compensarse las necesidades hídricas durante el periodo crítico de los cultivos con riegos complementarios y para el consumo de los animales domésticos.

Para el cálculo de los valores cualitativos de riesgo de erosión, utilizamos la ecuación universal de pérdida de suelo modificada (Wischmeier y Smith, 1.958 y Taylor, 1.970), modelo empírico, paramétrico, que ha sido probado y validado bajo diversas condiciones de suelo, clima y gestión, basada en los principales factores que afectan a la erosión del suelo. Según Bonilla (2010)<sup>5</sup>.

$$A = R * K * L * S * C * P \quad (2)$$

donde:

A = pérdida de suelo promedio anual por unidad de superficie ( $t \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ );

R = factor erosividad de las lluvias ( $\text{kJ mm m}^{-2} \text{ hora}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ );

K = factor de erodabilidad del suelo ( $\text{t m}^2 \text{ hora} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ kJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ );

L = factor longitud de pendiente;

S = pendiente (%);

C = factor de cubierta vegetal (adimensional y viene tabulado, según las características de la vegetación);

P = factor de prácticas de conservación de cultivo.

La “erosión potencial” se estima con la ecuación 2, pero eliminando los factores “C y P”.

El factor topográfico Ls se obtiene por medio de la expresión desarrollada por Bertoni (1959) el cual puede leerse mediante nomograma. Según (Sámano, 2009)<sup>6</sup>:

$$Ls = 0.00984 * L^{0.63} * S^{1.18} \quad (3)$$

donde:

Ls- Factor topográfico;

L - Longitud de pendiente en m. y expresa la distancia entre el punto donde cae la gota de lluvia hasta el punto donde disminuye la pendiente y comienza la deposición, o hasta un curso de agua definido;

S Pendiente del terreno en porcentaje.

El Factor de Erosividad por precipitación pluvial “R” en [ $\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm h}^{-1}$ ], se determinó mediante la fórmula de Lombardi y Moldenhauer (1980), tomado de Sámano (2009).

$$R = 6.866 * \left( \frac{P^2}{Pa} \right)^{0.85} \quad (4)$$

donde:

R- Índice medio de erosividad anual;

p- Precipitación media mensual;

Pa -Precipitación media anual.

El factor de Erodabilidad del suelo “K” representa la susceptibilidad del suelo a la acción erosiva y será función de las características físicas de los suelos: textura, permeabilidad, capacidad de filtración, estructura, granulometría, contenido de materia orgánica, etc. se expresa en [ $\text{t ha}^{-1} \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ ]. Este factor se determinó en función del suelo predominante y la textura, utilizando la metodología propuesta por la FAO (1980) donde se incluye la unidad de suelo según la clasificación de FAO/UNESCO (1980) y la clase textural superficial del suelo. Aplicando los criterios de la clasificación de suelo del Instituto de Suelo (1999).

El Valor Socioeconómico, se estudia a partir de la dotación asumida por persona, se calcula la cantidad de agua que se necesita para atender las necesidades de la familia a ser beneficiada en cada uno de los meses. El cálculo se hace con el uso de la siguiente fórmula (Palacio 2010):

$$Di = \frac{Nu * Nd * Dot}{1000} \quad (5)$$

donde:

Nu - número de usuarios que se benefician del sistema;

Nd - número de días del mes analizado;

Dot - dotación ( $\text{L persona}^{-1} \text{ día}^{-1}$ );

Di - demanda mensual ( $\text{m}^3$ ).

**Valor Productivo:** Tomando como ejemplo los cultivos: tomate, pepino y pimiento en condiciones protegidas de la tabla 17 del Manual para la producción protegida de Hortalizas (MINAGRI, 2007), se obtiene el consumo de agua por las plantas en un ciclo de vida.

En los tres casos se considera una casa de cultivo A-12 de  $540 \text{ m}^2$ , estas cuentan con una densidad de 1200 plantas, con un intervalo de riego cada dos días, suelo medio a pesado con un total de 1760 emisores con un gasto efectivo de  $2 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$  cada uno.

## RESULTADO Y DISCUSIÓN

Al evaluar las potencialidades en las regiones escogidas para la captación del agua de lluvia se aprovechan los techos de las casas de cultivo como área de captación, teniendo en cuenta que en las casas de cultivo todos los techos pueden captar agua de buena calidad y la inversión resulta rentable porque una vez que se montan, la estructura dura 40 o 50 años.

<sup>5</sup> BONILLA C., REYES J L, y MAGRI, A . Water Erosion Prediction Using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a GIS Framework, Central Chile Chilean J. Agric. Res.v.70 n.1 Chillán mar. 2010, ISSN 0718-5839

<sup>6</sup> SÁMANO, P. Factores que regulan la erosión natural en la cuenca media y alta del río Sonora. XXVIII Convención Minera Internacional, AIMMG AC, Veracruz, 28 al 31 de octubre, 2009

Las series tomadas para los estudios pluviométricos en las estaciones escogidas con un tiempo de retardo de 30 años, según el análisis estadístico es confiable, teniendo en cuenta lo planteado por Chavarri (2006); el cual señala que se puede usar cuantitativamente el parámetro estadístico Coeficiente de variación (Cv), para mostrar que valores menores de 0,20 y hasta 0,25 de este, indican para la mayoría de los propósitos una aceptable longitud de la serie para obtener de ella estimaciones confiables y una moderada variabilidad.

A partir de los diagramas de probabilidad, Figuras 2, 3 y 4, se determinó la lluvia de diseño para un nivel del 67% de excedencia es decir que en promedio, el 67 % de las veces (2 de cada 3 años), la lluvia anual igualará o excederá en Bayamo los 967,3 mm, en Camalote 924 mm y en Ceballo 1125 es decir que en dos años de cada tres la lluvia anual sea esta, y un año de cada 3 sea la lluvia correspondiente al 33% será de 1056,44 mm, 1115,6 mm y 1311mm respectivamente en Bayamo, Camalote y Ceballo. Teniendo en cuenta el escurrimiento del material de las casas, la eficiencia en la captación de agua de lluvia desde los techos para este nivel de probabilidad es de 0,603. Lo que nos muestra que es factible realizar obras de almacenamiento y conducción del agua de lluvia captada desde los techos.

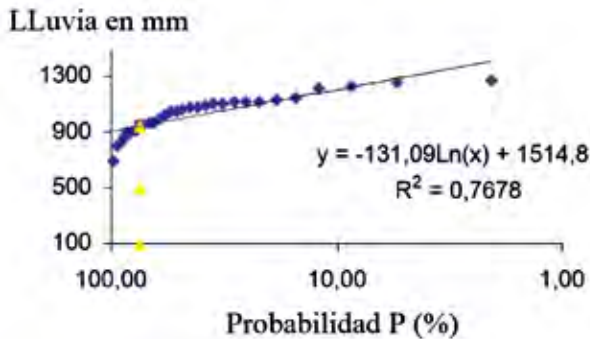


FIGURA 2. Diagrama de probabilidad con línea de regresión de totales anuales Bayamo.

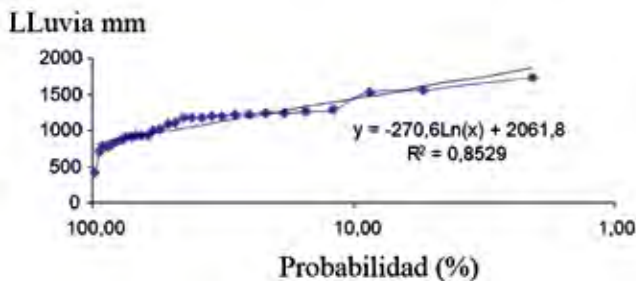


FIGURA 3. Diagrama de Probabilidad con línea de regresión de los totales anuales Camalote.

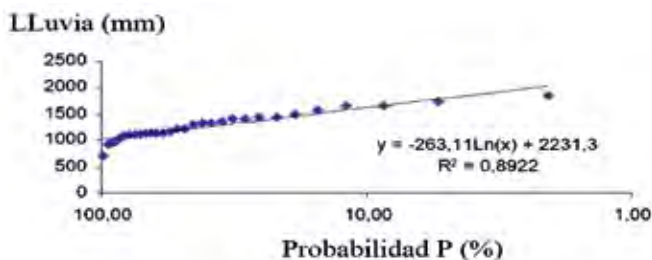


FIGURA 4. Diagrama de probabilidad con línea de Regresión de los totales anuales de Ceballo.

Por lo que se determinan los posibles volúmenes de agua a captar por cada casa considerando el coeficiente de escorrentía que genera el material de los techos de estas, el cual según CIDECALLI-CP (2011) es de 0,9 dado el origen de los mismos y el área de captación de una sola casa de cultivo; como puede apreciarse en las Figuras 5, 6 y 7, el Modulo Bayamo permitirá recoger aproximadamente un volumen acumulado de 488,7 m³ de agua, Camalote 524,70 m³ y Ceballo 600, 72 m³.

A partir de los posibles volúmenes de agua a captar y almacenar en cisternas diseñadas para cada casa fue posible evaluar los beneficios de su uso.

El estudio de erosión laminar a través de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo RUSLE (2), muestra de manera indicativa, los posibles efectos negativos de la lluvia en cada una de las regiones si estas aguas no son Captadas.

Se evaluaron cada uno de los factores de la ecuación teniendo en cuenta las peculiaridades de cada región, y eliminando los factores “C (factor de cubierta vegetal) y P (factor de prácticas de conservación de cultivo)” para estimar el comportamiento de la erosión con los suelos desprotegidos y sin tener en cuenta ninguna práctica de conservación.

Cuando se consideran todos los factores de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo RUSLE, se dice que se ha calculado la erosión hídrica actual, en cambio cuando no se incluyen los factores C y P, se ha calculado la erosión hídrica potencial, es decir, una estimación de cuánto suelo se perdería si no hubiera ninguna cobertura vegetal y no se realizaran prácticas de conservación. (Itzel 2013).

El estudio de la erodabilidad “K” definida por el tipo de suelo (Tabla 1) no es significativa en las zonas de estudio, encontrándose los valores más altos en los suelos Pardos sialíticos de Camalote; coincidiendo con los resultados de Marrero y colaboradores en el 2006 para este tipo de suelos; sin embargo este factor no es determinante.

TABLA 1. Valores que adquiere la erodabilidad (K)

Modulo	Tipo de Suelo	K
Camalote	Pardo Sialítico (B)	0,26
Ceballo	Ferralítico (A)	0,21
Bayamo	Fluvisol ( C)	0,125

El factor Ls (3), definido por la topografía de la región presenta valores muy bajos como puede apreciarse en la Tabla 2, determinado por las pendientes existentes en las zonas de estudio las cuales son inferiores a 1%.

TABLA 2. Factor topográfico (Ls)

Modulo	Ls
Bayamesa	0,1
Ceballo	0,11
Las Flores (Camalote)	0,13

Sin embargo el índice de erosividad que depende de la precipitación pluvial “R” (4), como se puede apreciar en la Fi-



gura 6; indica que las precipitaciones determinan en las tres regiones las pérdidas de suelo teniendo en cuenta que las casas están ubicadas en zonas con una topografía llana y que desde el punto de vista edafológico la pérdida de suelo tolerable o aceptable, sin afectar de manera importante la productividad, varía de 0,4 a 1,8 t ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup> (FAO, 1980).

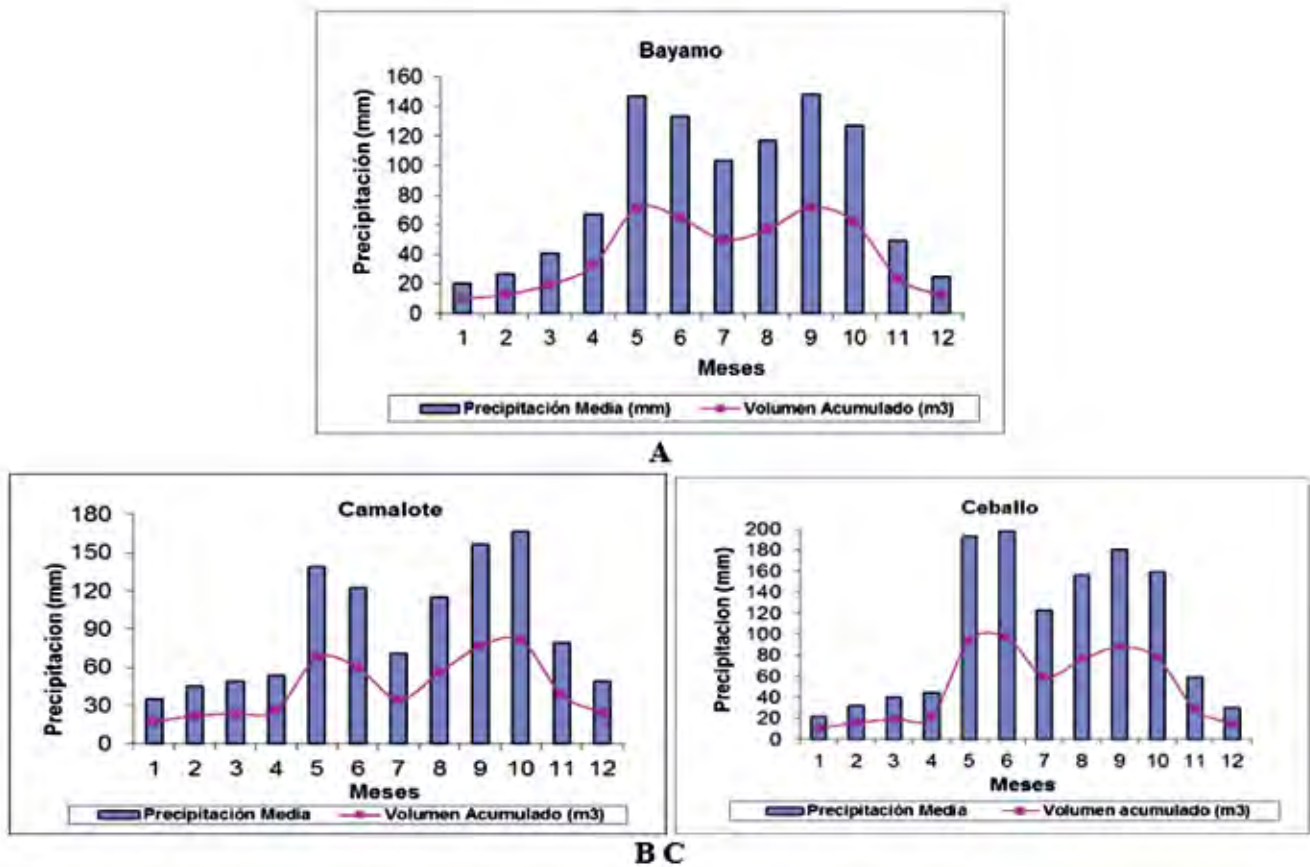


FIGURA 5. Precipitación media y volumen acumulado en: A-Bayamo, B- Camalote, C- Ceballo.

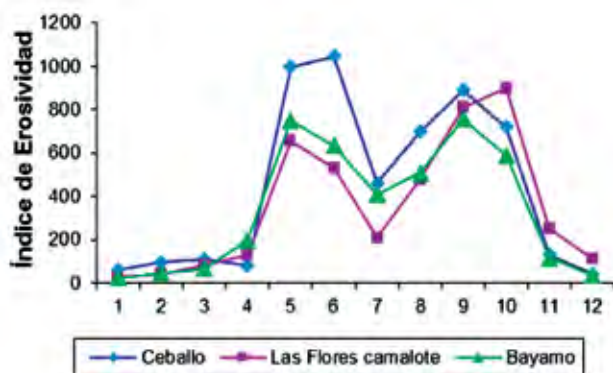


FIGURA 6. Índice de erosividad.

Como puede apreciarse en la Figura 7 donde se reflejan las pérdidas por Erosión Potencial, en este entorno se encuentra el modulo ubicado en Bayamo mientras que Camalote y Ceballo presentan valores superiores a 2 t ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup>, situación lógica ya que en estas regiones las lluvias promedio, son superiores a las de Bayamo (Figura 8); por lo que se puede afirmar que en ambos casos es la lluvia, la máxima responsable de las pérdidas por erosión laminar; acción que se complementa con el escurrimiento superficial. Por tanto, almacenar el agua captada reduce los riesgos de erosión y genera beneficios ambientales y sociales.

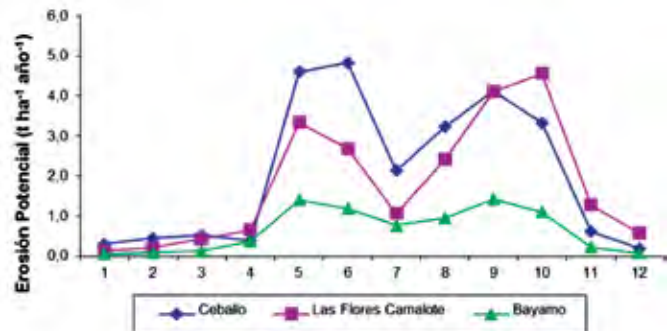


FIGURA 7. Erosión potencial.

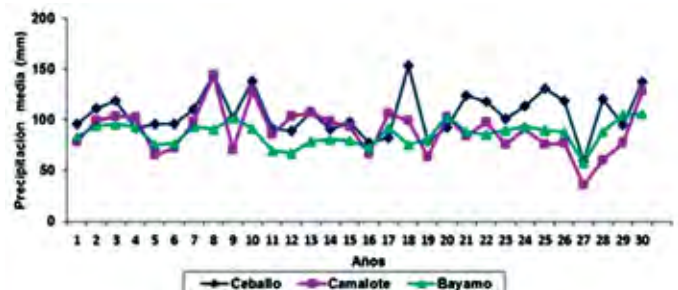


FIGURA 8. Precipitación media en un periodo de 30 años.

Otro indicador importante estudiado para las tres regiones, que permitió evaluar el valor socioeconómico de la cosecha de agua de lluvia fue el estudio de la cantidad de litros de agua por persona por día disponibles, en las zonas para consumo humano, donde se aplicó una dotación en relación a las necesidades, recomendada por la OMS de 100 L·persona<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup> según García (2008) (ecuación 5). Lo que representan una solución para abastecer en cantidad y calidad a las poblaciones.

Los resultados de la Tabla 3 muestran que se beneficiarían por 30 días del periodo seco un total de 168 personas en Camalote; 158 en Bayamo y 202 en Ceballos con el agua captada por solo una casa de cultivo de 540 m<sup>2</sup>.

**TABLA 3. Número de usuarios que se benefician con el uso del agua captada**

Meses	Camalote		Ceballos		Bayamo	
	Volumen m <sup>3</sup>	Usuarios que se benefician	Volumen m <sup>3</sup>	Usuarios que se benefician	Volumen m <sup>3</sup>	Usuarios que se benefician
Enero	17,10	5	10,54	3	10,11	3
Febrero	21,79	8	16,03	6	12,93	4
Marzo	23,61	7	19,98	6	19,71	6
Abril	25,82	8	22,29	7	32,70	11
Mayo	67,41	21	96,81	31	71,44	23
Junio	59,37	20	99,56	33	64,80	21
Julio	34,47	11	61,57	20	50,13	16
Agosto	55,79	18	78,58	25	56,84	18
Septiembre	76,25	25	90,64	30	71,93	24
Octubre	81,02	26	79,93	26	61,97	20
Noviembre	38,40	12	29,50	10	24,12	8
Diciembre	23,66	7	14,87	5	11,99	4
Anual	524,70	168	620,32	202,00	488,66	158

Para valorar el indicador productivo se tuvo en cuenta el consumo de agua del tomate, el pimiento y el pepino, según lo recomendado por el Manual para la producción protegida de hortalizas en el 2006 para suelos medios y pesados, los cuales como se puede apreciar en la Tabla 4, pueden satisfacer las necesidades hídricas de un ciclo completo, a partir del volumen de agua captada en una casa de cultivo.

**TABLA 4. Necesidades Hídricas de los cultivos en un ciclo de vida**

Cultivo	Fases	L·plantas <sup>-1</sup>	Intervalo en días	L·d <sup>-1</sup>	Litros
Tomate	1	0,5	2	600	1200
	2	0,7	2	840	1680
	3	1	2	1200	2400
	4	1,4	2	1680	3360
	5	1	2	1200	2400
Total Tomate					11040
Pimiento	1	0,5	2	600	1200
	2	0,8	2	960	1920
	3	1,5	2	1800	3600
	4	1,2	2	1440	2880
Total Pimiento					9600
Pepino	1	0,6	2	720	1440
	2	0,8	2	960	1920
	3	1,2	2	1440	2880
	4	1,5	2	1800	3600
	5	1,2	2	1440	2880
Total Pepino					12720
Total					33360

Considerando que el total de agua demanda por los tres cultivos es como promedio de 33360 litros y el volumen acumulado en la casa de Cultivo de Bayamo donde los acumulados de lluvias son inferiores a Ceballos y Camalote, supera los

480 m<sup>3</sup> anuales. Por tanto con el agua captada y almacenada se garantiza la producción de una cosecha completa de pepino, tomate y pimiento satisfaciendo las necesidades hídricas de estos cultivos durante su ciclo de vida en condiciones protegidas.

Cada uno de los indicadores estudiados nos muestra que la captación de agua de lluvia desde los techos de las casas de cultivo garantiza bienes y servicios ambientales a través del **Suministro de agua y alimentos y la Protección de los suelos.**

## CONCLUSIONES

- La lluvia anual para un nivel del 67% en las tres regiones garantiza una eficiencia de captación de 0,603 por lo que es factible realizar obras de almacenamiento y conducción del agua de lluvia captada desde los techos.
- El indicador de erosión laminar potencial evaluado indica que la captación de agua de lluvia evita las pérdidas por

erosión laminar potencial en los alrededores de las casas estudiadas; en un rango de 0,06 a 5 t·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup>

- La captación de agua de lluvia desde el techo de una casa de cultivo de 540m<sup>2</sup> garantiza agua de buena calidad para uso doméstico y consumo humano, como promedio a un total de 176 personas por 30 días del periodo seco.
- Con el agua captada y almacenada se garantiza la producción de una cosecha de pepino, tomate y pimiento satisfaciendo las necesidades hídricas de estos cultivos durante su ciclo de vida en condiciones protegidas.
- La captación de agua de lluvia desde los techos de las casas de cultivo garantiza bienes y Servicios ambientales a través del Suministro de agua, alimentos y la Protección de los suelos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CIDECALLI. *Diseño de sistemas de captación del agua de lluvia*. México. pp. 51 y 52 [en línea] 2015, Disponible en: <http://es.slideshare.net/SociedadJulioGaravito/diseo-de-sistemas-de-captacin-de-agua-de-lluvia-12213385>. [Consulta: enero 2015]
- CIDECALLI. *Agua de lluvia para vivir y producir. Captar el agua de lluvia para consumo humano, uso industrial, agrícola, forestal, producción ganadera y piscícola*. Centro Internacional de Demostración y Capacitación en aprovechamiento del Agua de Lluvia [en línea] julio 1997, Disponible en: [http://www.imacmexico.org/ev\\_es.php?ID=23470\\_201&ID2=DO\\_PRINTPAGE](http://www.imacmexico.org/ev_es.php?ID=23470_201&ID2=DO_PRINTPAGE). [Consulta: 5 abril 2011].
- CHÁVARRI, V. E. A.: *Análisis probabilístico de las variables precipitación Total anual y Caudal medio anual*. Universidad Nacional Agraria La Molina [en línea], Disponible en: [http://tarwi.lamolina.edu.pe/~echavarri/clase\\_x\\_analisis\\_prob\\_frec\\_def.pdf](http://tarwi.lamolina.edu.pe/~echavarri/clase_x_analisis_prob_frec_def.pdf). [Consulta: 18 julio 2014].
- FAO\_UNESCO\_UNEP: *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de suelos*, 86pp., Roma, Italia, 1980.
- FAO.: *Captación y Almacenamiento de agua de lluvia, Opciones Técnicas para la Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe*, E-ISBN 978-92-5-307581-2, Santiago de Chile, 2013.
- HIERONIMI, H.; ORTIZ, M.: *Manejo sustentable de agua en una casa familiar: experiencias en zonas rurales de México* [en línea], Disponible en: [www.tierramor.org](http://www.tierramor.org) [Consulta: 5 abril 2011].
- ITZEL CASTRO MENDOZA: “Estimación de pérdida de suelo por erosión hídrica en microcuenca de presa Madín, México”, *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, ISSN: 1680-0338, XXXIV(2): 3-16, 2013.
- INSTITUTO DE SUELOS: *Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba*, 64pp., AGRINFOR (Ed.), ISBN 959-246-022-1, Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba, 1999.
- MARRERO, A., RIVEROL, M., AGUILAR, Y.: *El suelo, El agua, y el Manejo Forestal*, 61pp., AGRINFOR (Ed.), ISBN 959-246-1902. Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba, 2006.
- MINAGRI: *Manual para la producción protegida de Hortalizas*, Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova” Editorial LILIANA, ISBN: 959-7111-37-3, La Habana. Cuba, 2007.
- PACHECO, M. M.: “Avances en la Gestión Integral del Agua Lluvia (GIAL): Contribuciones al consumo sostenible del agua, el caso de “Lluviatl” en México”, Cátedra UNESCO de Sostenibilidad. Universitat Politècnica de Catalunya, *Revista Internacional de Sostenibilidad Tecnología y Humanismo*, ISSN 1988-0928, 3: 49-157, 2008.
- PALACIO, C. N.: “Rainwater system proposal as an alternative to save drinking water”. *Revista Gestión y Ambiente*, ISSN 0124-177X, 13(2): 720, 2010.
- ROJAS-VALENCIA, M. N.; GALLARDO-BOLAÑOS, J. R; MARTÍNEZ-COTO, A.: Implementación y caracterización de un sistema de Captación de agua de lluvia- D.R. © TIP *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, ISSN: 1405-888X; 15(1):16-23, 2012.

**Recibido:** 17/02/2015.

**Aprobado:** 14/11/2015.

**Publicado:** 05/12/2015.

Marta Paula Ricardo, Inv. Auxiliar, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola: Carretera de Fontanar, km 2 ½, Rpto. Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba. Correo electrónico: [mpricardo@ama.cu](mailto:mpricardo@ama.cu)

Marcial Méndez Fernández, Correo electrónico: [dptoriego8@iagric.cu](mailto:dptoriego8@iagric.cu)

Camilo Bonet Pérez, Correo electrónico: [esp.iagric@cmg.minag.cu](mailto:esp.iagric@cmg.minag.cu)

Luis O. Sierra Castellanos, Correo electrónico: [mpricardo@ama.cu](mailto:mpricardo@ama.cu)

Virgen Cutié, Correo electrónico: [virgen.cutie@insmet.cu](mailto:virgen.cutie@insmet.cu)