

COMO MEJORAR LA OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RIEGO UTILIZADOS PARA LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS EN CONDICIONES DE AGRICULTURA URBANA.

MSc. Enrique Cisneros Zayas; MSc. Reinaldo Cun Gonzales; Dr.C. Carmen Duarte Díaz.

RESUMEN

Como parte del proyecto Bases Ambientales para la Sostenibilidad Alimentaria Local (Basal), se muestran algunas de las experiencias obtenidas para las condiciones de Cuba en cuanto al empleo de sistemas de riegos en la producción de hortalizas que promuevan el uso eficiente del agua y la mejora en la operación de los mismos. Se dan a conocer los sistemas de riego más utilizados en Organopónicos y Huertos Intensivos, en los cuales se lleva a cabo la producción intensiva de hortalizas de manera tal que garanticen la soberanía alimentaria teniendo en cuenta las medidas de adaptación al cambio climático. Como resultado se tiene que cuando se aplican las acciones propuestas se logra mejora los coeficientes de uniformidad entre un 80 y 90% con una reducción en el consumo de agua aproximadamente hasta un 10% y un aumento relativo de las producciones en un 15%, lográndose una mejora en el uso del recurso agua permitiendo que la actividad sea sostenible y compatible con el medio ambiente.

Palabras Clave: Agricultura familiar, uso eficiente del agua, métodos de riego.

How to improve the management of the irrigation systems used for vegetables production under urban agriculture conditions.

ABSTRACT

As part of the Environmental Bases for Local Food Sustainability Project (Basal), are shown some experiences obtained for Cuba conditions for using irrigation systems in vegetable production that promote the water efficient use and improvement in their management. Irrigation systems for producing vegetables on organoponic conditions and in intensive orchards are shown, which guarantee food sovereignty taking into account climatic change

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola. (IAgric). Ave Camilo Cienfuegos y calle 27. Arroyo Naranjo. La Habana. Cuba. dptoriego1@iagric.cu

the adaptation measures. As a result, we obtained that when the proposed actions are applied improvement in uniformity coefficients between 80 and 90% is gotten, accompanied by a reduction in water consumption up to 10% and a relative increase of the productions in 15%, being achieved also an improvement in water, use allowing that the activity be sustainable and environmentally friendly.

Key words: Family agriculture, efficient water use, irrigation methods.

INTRODUCCIÓN

En Cuba, la Agricultura Urbana y sub urbana, cada vez tiene mayor aceptación por las bondades que brinda y por el peso que tiene en el suministro apreciable de hortalizas frescas los consumidores. Entre las principales inversiones para lograr incrementos estables en las producciones están las instalaciones de riego, las que son operadas en la mayoría de los casos incorrectamente.

El hecho de que el agua sea un recurso cada vez más escaso y exista más competencia entre sus diversos usos, obliga a utilizarla de forma eficiente y a manejar con eficacia los mecanismos de gestión (Tarjuelo, 2005).

Lo anterior obliga a incrementar la eficiencia en la utilización del agua para riego, lo que implica la explotación correcta de los sistemas de riego, de manera tal que permitan reducir las pérdidas de agua y energía con el menor impacto posible en la producción y calidad de la cosecha, así como en el medio

ambiente. Las técnicas de riego que mayormente se utilizan en estas condiciones son el riego por aspersión de baja intensidad y el riego localizado (micro aspersión y goteo).

Las áreas bajo riego con estas técnicas en Organopónicos y Huertos Intensivos representan el 8,67% según, balance de áreas del Ministerio de la Agricultura de Cuba (2010).

Para los productores, conocer cómo operar correctamente sus sistemas de riego, les ayuda a hacer un uso eficiente y racional de los medios de producción, y especialmente el agua, los fertilizantes y la energía permitiéndoles optimizar su gestión, contribuyendo a que la agricultura sea una actividad sostenible compatible con el medio ambiente.

El objetivo de este trabajo es mostrar algunos resultados obtenidos en evaluaciones de campo del funcionamiento de estos sistemas y transmitir los conocimientos necesarios a los productores para la correcta

explotación de los sistemas de riego utilizados en Organopónicos y Huertos intensivos, que contribuyen a la preservación del recurso agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en varios Organopónicos (Org) y Huertos Intensivos (HI) de las provincias Artemisa, en el municipio Güira de Melena y La Habana, donde se realizaron evaluaciones de campo para conocer el estado de funcionamiento de los sistemas de riego antes y después de propuestas las medidas para las mejoras en la explotación de los mismos.

Fueron evaluados los emisores individualmente para conocer sus características y comparadas con evaluaciones en condiciones de laboratorio y seguidamente fueron evaluados formando parte del sistema de riego.

Organopónicos. (Sistemas de riego localizado) micro aspersión y goteo.

Entidades evaluadas.

1. Granja Urbana; 2. CPA Ubaldo Díaz; 3. UBPC Camilo Cienfuegos; 4. UBPC 10 de Octubre.

Huertos intensivos. (Aspersión de baja intensidad).

Entidades evaluadas.

1. CPA Niceto Pérez; 2. CPA Países Nórdicos; 3. UBPC 1ro de Julio.

Para las evaluaciones se siguió la metodología propuesta por Merriam y Keller (1978), a los sistemas de riego localizado y la norma ISO 7749-2 de 1990 a los sistemas de riego por aspersión. Fueron determinados los coeficientes de uniformidad (C.U) para cada área evaluada y los criterios de evaluación fueron los recomendados por Merriam y Keller (1978) los sistemas de riego localizado y Christiansen (1942) para los de aspersión según Phocaides (2007).

Características de los emisores.

		
Microjet 2x140° Ø 1.0 mm	Gotoero AGP	Aspersor de impacto de doble boquilla.
Presión nominal: 150 KPa	Presión nominal: 100 – 400 KPa	Presión nominal: 250 KPa
Caudal nominal: 40,65 L h ⁻¹	Caudal nominal: 4 L h ⁻¹	Caudal nominal: 749 L h ⁻¹
Radio efectivo: 1,36 m		Radio efectivo: 12,0 m

Valores propuestos por Merriam y Keller, para caracterizar el Coeficiente de uniformidad (C.U). Riego Localizado.

90% -100%	Excelente
80% -90%	Bueno
70% -80%	Aceptable
< 70%	inaceptable

Valores propuestos por Christiansen para caracterizar el Coeficiente de uniformidad (C.U). Riego por aspersión. Según criterios de Phocaides (2007).

> 85%	Muy bueno
75 % -85%	Bueno
< 75%	inaceptable

El análisis de Pluviometría y determinación del radio de alcance efectivo se determinó según la

$$(Ed) = \frac{\text{La min a del } \frac{1}{4} \text{ de los valores mas bajos}}{\text{Media de los valores obtenidos}} \times 100 \quad (\text{Tajuelos, 2005}).$$

El coeficiente de uniformidad (CU) se determinó según la fórmula:

metodología propuesta por la ISO 7749-2 de 1990.

El radio de alcance efectivo (R_e), se determina midiendo las distancias del difusor a los pluviómetros más alejados que recojan un volumen de agua igual o superior al 10% de las cantidades medias recogidas en los pluviómetros situados a lo largo de dos radio. El alcance efectivo es la media de las distancias así medidas. Pluviometría horaria se determinó por la siguiente fórmula:

$$p = \frac{1}{2} \frac{V(cm^3)}{A(cm^2)} \times 10 (mm/h)$$

La curva caudal presión se determinó de la información de gasto obtenida para las presiones de 150, 200, 300, 400 y 450 kPa en un tanque de aforo para estos fines con un área de 0,78972 m².

La Eficiencia de descarga (E_d) se determinó según la fórmula:

$$CU = \left(1 - \frac{\sum |Ci - M|}{Mn} \right) \times 100$$

(Christiansen, 1942). Citado por (Tajuelos, 2005).

Ci: Cantidad de agua recogida por cada pluviómetro (ml).

M: Valor medio del agua recogida en los pluviómetros (ml).

n: Números de pluviómetros en la evaluación.

Para la clasificación de los rendimientos se tuvo en cuenta los lineamientos que se

propone en el sub programa de hortalizas y condimentos frescos (MINAG, 2012).

Rendimientos en kg m^{-2} mes.

Las propuestas del plan de medidas están en correspondencia con los resultados obtenidos en las evaluaciones de campo y las orientaciones del Reglamento para la Operación y Mantenimiento de los Sistemas de Riego y Drenaje, MINAG (2009).

	Organopónicos.	H. Intensivos
Bien	de 15 a 20	de 12 - 15
Regular	de 12 a 15	de 10 a 12
Mal	Menos de 12	Menos de 10

$20 \text{ kg m}^{-2} = 1,66 \text{ kg m}^{-2} \text{ mes}$; $12 \text{ kg m}^{-2} = 1 \text{ kg m}^{-2} \text{ mes}$; $8 \text{ kg m}^{-2} = 0,66 \text{ kg m}^{-2} \text{ mes}$

$15 \text{ kg m}^{-2} = 1,25 \text{ kg m}^{-2} \text{ mes}$; $10 \text{ kg m}^{-2} = 0,83 \text{ kg m}^{-2} \text{ mes}$; $5 \text{ kg m}^{-2} = 0,42 \text{ kg m}^{-2} \text{ mes}$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estudio de pluviometría (Pm) y Determinación del radio efectivo (Re).

El empleo correcto de emisores (microaspersores) en instalaciones

Del estudio realizado al microaspersor se tiene una pluviometría media de $9,410 \text{ mm h}^{-1}$ para el difusor $2 \times 140^\circ$ y un radio efectivo (Re) de 1,34 m, estos valores comparado con los obtenidos bajo condiciones de laboratorio donde se plantea que para el microjet $2 \times 140^\circ$ la $Pm = 9,6 \text{ mm h}^{-1}$ vs $Re = 1,36 \text{ m}$, es

supone conocer la característica y presentación de los mismos.

De la propia definición de difusores se deduce la importancia de conocer el área mojada por el mismo, la distribución de la pluviometría en la misma y el alcance efectivo de riego.

aceptables, si se tiene en cuenta que los obtenidos fueron en condiciones de campo. En la Figura 1 aparece la curva de distribución Pluviométrica vs Re construidas con los datos reales de operación.

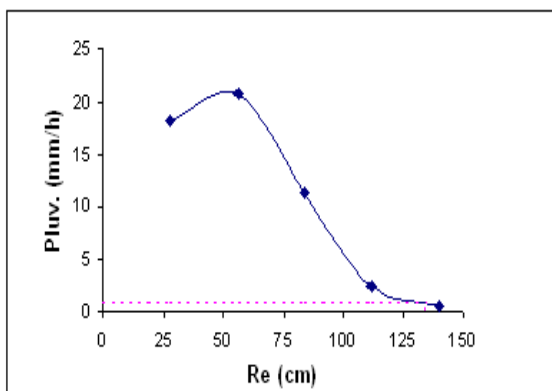
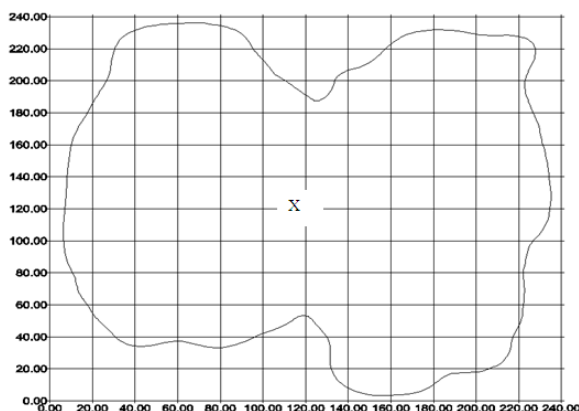


Figura 1. Curva de distribución pluviométrica vs Re para el microjet 2x140°, trabajando a una presión de 150 kPa durante 1.00 hora.

En la Figura 2 aparece la isoyeta que conforman el área mojada por el difusor la que representa el 10 % de la Pluviometría media, es decir $0,941 \text{ mm h}^{-1}$.

En esta misma Figura puede apreciarse las distancias el plano horizontal y la pluviometría a medidas que nos alejamos del emisor a los 28, 56, 84, 112 y 164 cm,



encontrándose los mayores valores de pluviometría en los primeros cm los que disminuyen con la distancia.

El trabajo de distribución pluviométrica es el que caracteriza y determina el funcionamiento de un difusor sobre una superficie regada.

Figura 2. Isoyeta del 10% de la pluviometría media para el emisor 2x140° trabajando a una presión de 150 kPa durante 1.00 hora.

Evaluación del gotero.

Cuando se evaluó el emisor, en la Figura 3, puede observarse que a partir de los 150 kPa el mismo presenta un caudal de entrega constante próximo a los 4 L h^{-1} hasta los 300 kPa, lo que demuestra su

característica de compensación para un rango amplio de trabajo, esta ecuación obtenida nos permite conocer para una presión de trabajo conocida poder determinar el caudal de entrega del emisor.

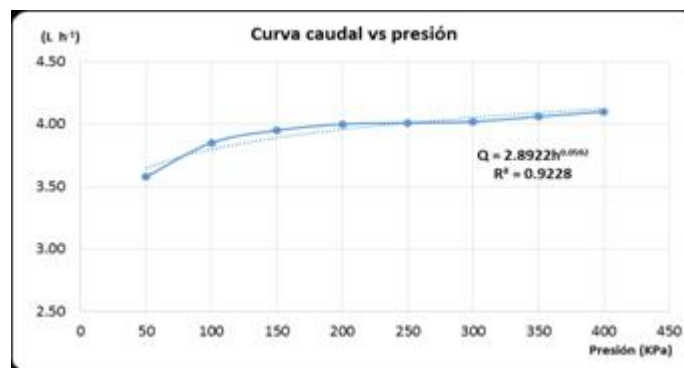


Figura 3. Curva Caudal vs presión para el gotero AGP.

La ecuación resultante del ajuste de los datos experimentales es la siguiente:

$$Q = 2,8922 * h^{0,0592}$$

donde: Q = Caudal del aspersor ($L s^{-1}$).

H = Presión de funcionamiento del aspersor (kPa).

Evaluación del aspersor.

En la Figura 4, se presentan los resultados de la evaluación hidráulica de gasto vs presión de una muestra del aspersor. Del mismo se puede apreciar que para una presión de 250 kPa, el aspersor entrega un caudal de $0,208 L s^{-1}$.

La ecuación resultante del ajuste de los datos experimentales es la siguiente:

$$Q = 0,09 * h^{0,6223}$$

donde: Q = Caudal del aspersor ($L s^{-1}$).

H = Presión de funcionamiento del aspersor (kPa).

Los resultados de la evaluación hidráulica, lámina aplicada vs radio de alcance efectivo se presenta en la Figura 5, en la misma se puede apreciar que la distribución pluviométrica para la presión de 250 kPa, es bastante regular, con un valor pico de lámina aplicada de $5,56 mm h^{-1}$ a la distancia de un metro del aspersor y un radio efectivo de 10,5 m.

Para la presión de trabajo 250 kPa según el fabricante, la lámina aplicada varía entre 4 y $6 mm h^{-1}$ con un radio efectivo cercano a los 12 m, estos valores están muy próximo a los obtenidos por Rodríguez (2012) evaluando este aspersor en condiciones de campo, cuando observamos el patrón de distribución de la lluvia el mismo se adapta al modelo triangular donde se logra un mejor reparto del agua, típico de aspersores que trabajan con dos boquillas.

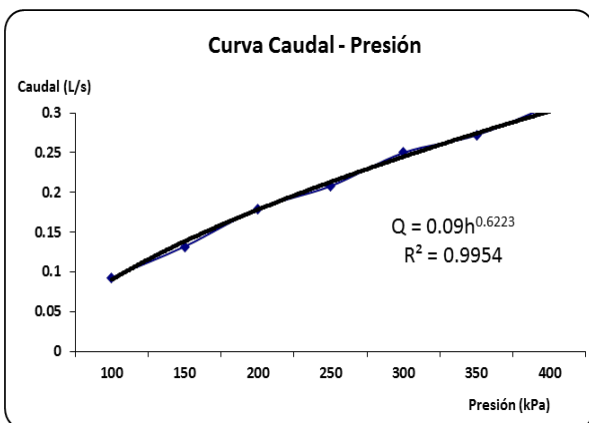


Figura 4. Curva característica gasto vs presión para el aspersor evaluado en condiciones de campo.

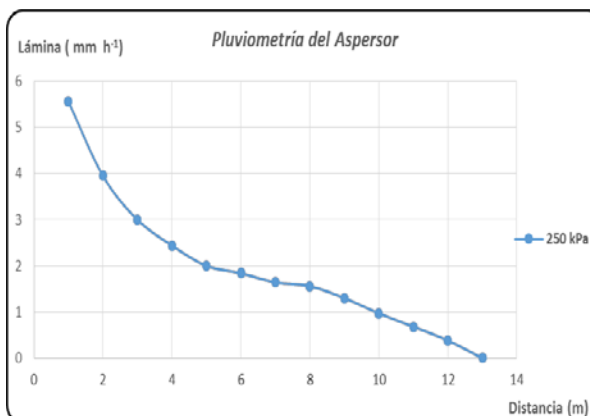


Figura 5. Curva lámina aplicada para la presión de trabajo 250 kPa vs distancia.

Evaluaciones de los sistemas de riego en explotación.

La uniformidad del riego es una magnitud que caracteriza a los sistemas y que interviene en su diseño, tanto agronómico como hidráulico, en función de ella se definen los límites entre los que se permite que varíen los caudales de los emisores y es importante para su evaluación en las instalaciones en funcionamiento

Las técnicas de evaluación y mejora de los sistemas de riego, permiten conocer los parámetros implicados en la aplicación del agua, basándose en ensayos de campo realizados bajo las condiciones normales de trabajo y determinar los cambios precisos para mejorar el proceso de riego.

Una vez conocido el estado de funcionamiento de los emisores evaluados, se estudiaron los sistemas de campo antes y después de las recomendaciones dadas a los productores para la mejora de la calidad del riego.

Entre los factores que inciden en el deficiente valor del CU antes de la aplicación de medidas se encuentran: emisores tupidos, trabajando por debajo de la presión de operación, salideros por las uniones entre piezas, diámetros de boquillas alterados o con diámetros que no corresponde con los de diseño del fabricante, elevadores inclinados, tuberías perforadas por daños mecánicos y mezcla de aspersores de diferentes tipos.

En la Figura 6, se presenta como vario el C.U para cada una de las entidades

productivas evaluadas, en sentido general el mismo se encontró en el rango de 54 y 62% antes (sin correcciones) y entre 80 y 89% después de realizada los correcciones pertinentes, la mayoría de los sistemas se caracterizaron como de funcionamiento entre bueno y muy bueno, resultados similares obtuvo Cun *et al.* (2009) evaluando estos sistemas en condiciones similares, después de aplicadas medidas de mejoras en la operación y mantenimiento de los mismos.

Con el aumento del CU mejoro la eficiencia de descarga en los sistemas de riego estudiados lo que permitió reducir las normas brutas necesaria para satisfacer las necesidades de agua de los cultivos, en la Figura 7, se puede apreciar cómo se comportaron estos valores antes y después de aplicadas las medidas, en ocasiones fue necesario aplicar entre un 30 y un 50% superior a la lámina necesaria lo que indudablemente no contribuye a la eficiencia en el uso del agua y la energía.

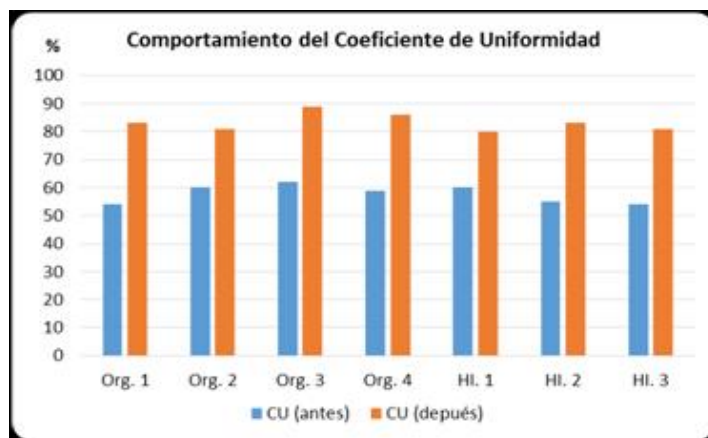


Figura 6. Resultados del C.U obtenido en condiciones reales de explotación.
Org.1. Granja Urbana; **Org.2.** CPA Ubaldo Díaz; **Org.3.** UBPC Camilo Cienfuegos; **Org.4.** UBPC 10 de Octubre; **HI.1.** CPA Niceto Pérez; **HI.2.** CPA Países Nórdicos; **HI.3.** UBPC 1ro de Julio.

En la misma figura se puede apreciar que una vez realizadas las correcciones, como promedio, en las instalaciones de riego estudiadas se pueden lograr

reducciones en el consumo de agua aproximadamente en un 10%. Resultados similares refiere Cisneros (2005) donde plantea que cuando se cumple con las

recomendaciones brindada en el Servicio de Asesoramiento al Regante entre las que se encuentra la mejora en la explotación y mantenimiento, pueden

obtenerse reducciones en el consumo de agua entre un 4 y 10% mejorando la eficiencia en el uso del agua.

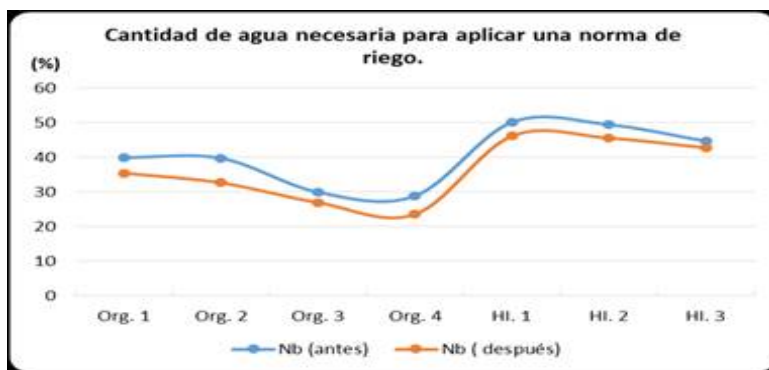


Figura 7. Porcientos de lámina aplicadas antes y después de realizada las mejoras.

Incuestionablemente todas las acciones realizadas en los sistemas de riego tienen como fin además de hacer un uso eficiente del agua y la energía, contribuir a la estabilidad o incremento de las producciones, por lo anterior resulta interesante conocer como influyeron estas mejoras en los rendimientos promedios de las entidades cuestión de estudio.

En la Figura 8, se muestra como las producciones de manera general mostraron incrementos en kg m^{-2} mes, a partir de un adecuado manejo de los sistemas de riego y en particular de la programación (planificación) para la satisfacción de las necesidades hídricas de las hortalizas. Los resultados obtenidos estuvieron clasificados entre regular y bien según los criterios del

Grupo Nacional de Agricultura Urbana y Suburbana, lo que demuestra la importancia de tener una buena uniformidad de distribución del agua en la unidad de riego, lo anterior tuvo un impacto social al contribuir en el bienestar de los agricultores por un aumento de sus márgenes de ganancia y la entregar a los consumidores de un producto fresco y de mayor calidad.

Propuesta de mejoras en los sistemas de riego utilizados para la producción de hortalizas en condiciones de Agricultura Urbana.

- Aplicar el riego según programación (cuanto y cuando regar), tener en cuenta la demanda evaporativa de la atmósfera y los coeficientes de cultivo. Auxiliarse de las tablas que aparecen

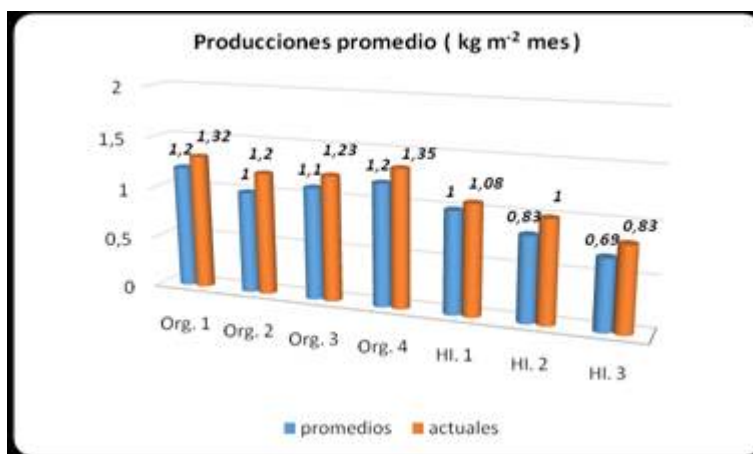


Figura 8. Comportamiento de las producciones después de realizada las mejoras.

Tipo de sustrato:

❖ Organopónicos (50% de materia Orgánica y 50% de suelo)

❖ Huertos Intensivos.

Grupo 1:

Ferralítico Rojo Húmico, se corresponde con (**Ferralítico Rojo**), **Fersialítico Pardo rojizo**, **Aluvial**. Correlacionarlo con nueva clasificación (Cid, 2012).

Grupo 2:

Húmico Carbonático, **Hidromórfico gley vértico mullido**, se corresponde con (**Oscuro Plástico Gleyzado**), **Vertisol pélico cálcico**, se corresponde con (**Oscuro Plástico No**

Gleyzado), **Hidromórfico gley noludar ferruginoso húmico típico**, se corresponde con (**Gley Amarillento**). (Cid, 2012).

- Realizar evaluaciones de campo a los sistemas de riego con mayor frecuencia para conocer el estado de funcionamiento.
- Cuando termine la campaña de riego dar mantenimiento a los sistemas y en especial a los emisores de riego.
- Para una eficiente aplicación del agua en los sistemas de riego por aspersión de baja intensidad tener en cuenta lo siguiente:

- ✓ Aspersores funcionando dentro del rango de presiones recomendado.
- ✓ No regar con velocidades del viento superior a 2.0 m seg⁻¹.
- ✓ Elección de un adecuado posicionamiento del aspersor de acuerdo con las recomendaciones y/o ensayos de distribución (posicionamiento igual a espaciamiento sobre y entre las líneas y la forma en que los mismos son dispuestos sobre el terreno).
- ✓ Perpendicularidad del elevador y del aspersor.
- ✓ Mantenimiento de las boquillas (reemplazo de las boquillas gastadas o deformadas que puede causar desviaciones en la descarga y la distribución).
- Capacitar a los regadores para lograr una correcta operación y explotación de los sistemas de riego ubicados en las áreas de las entidades de referencia.

CONCLUSIONES

- En las condiciones actuales de explotación de los sistemas de riego en Organopónicos y Huertos Intensivos, es necesario prestar gran atención al mantenimiento, pues de ello depende garantizar adecuados coeficientes de uniformidad que permitan mejorar la

calidad del riego y el uso eficiente del agua.

- Cuando a partir de las evaluaciones de campo, se determina el estado de funcionamiento de los sistemas de riego y son aplicadas medidas de mejoras, se pueden lograrse ahorros de agua importantes.
- Si se desea hacer un uso eficiente del agua en condiciones de Organopónicos y Huertos Intensivos, es necesario capacitar a los productores en la correcta operación y mantenimiento de sus sistemas de riego.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cid. G, Teresa López, Felicita González, Herrera. J, María Elena Ruíz. Características físicas que definen el comportamiento hidráulico de algunos suelos de Cuba. Rev. Ingeniería Agrícola. Vol 2, No 2, pp25-31. 2012.
- Cisneros Z. E; González B. P; Solano O. O. Resultados preliminares de la implementación del servicio de asesoramiento al regante en una empresa piloto de provincia La Habana. Congreso Internacional CUBA-RIEGO 2005. Palacio de la Convenciones (25-28 Oct). ISBN 959-7164-95-7. 2005.

- Cun G. R; Puig. E. O; Morarles. C.; Duarte Carmen. Comportamiento del coeficiente de uniformidad del riego semiprotegido en condiciones de Organopónicos y Huertos Intensivos. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Vol.2. No. 3. 2009.
- Hermann, D.F. and Hein, P.R. Performance characteristics of self-propelled center pivot sprinkler irrigation systems. Transactions of the ASAE,11, No.1, pp.11-15. 1986.
- International Organization for Standarization. ISO 7749-2. Irrigation. Equipment – Rotating Sprinklers. Desing and Operational Requeriments. 1990.
- Rodríguez N. A; Companioni C. N; Fresneda B. J. Manual Técnico para Organopónicos, Huertos Intensivos y Organoponía Semiprotegida. Ed Caribe. ISBN: 978-959-72-10-48-1. 2011
- Merrian, J.L; Keller. J. Farm irrigation system evaluation: a guide for management. UTAH State University, Logan. UTA.USA. 1978.
- Ministerio de la Agricultura (MINAG). REGLAMENTO PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE RIEGO Y DRENAJE. 2009.
- Ministerio de la Agricultura (MINAG). Balance de áreas bajo riego. Departamento de Riego. 2012.
- Ministerio de la Agricultura (MINAG). Grupo Nacional de Agricultura Urbana y suburbana. Lineamientos de Agricultura Urbana y Suburbana. La Habana. 92 pp. 2012.
- Phocaidés. A. Technical Handbook on Pressurized Irrigation Techniques. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, Italy. 2007.
- Rodríguez. G. R. Informe técnico. Evaluación de sistema de riego semiestacionario de baja intensidad 1,03 Hectáreas. 22pp. 2012.
- Tarjuelo MARTIN-BENITO J. M. El Riego por Aspersión y su tecnología. 3^{ra} Edición MundiPrensa Madrid. Barcelona. México. pp 239-268. 2005.