

NOTA TÉCNICA

La productividad del agua indicador para el monitoreo y evaluación del Manejo Sostenible de Tierras

The Water Productivity Indicator for Monitoring and Evaluation of the Sustainable Land Management

MSc. Marta Paula Ricardo-Calzadilla¹, MSc. Teuddys Limeres-Jiménez¹¹, MSc. Alcides Lorié-Fong¹, MSc. Reinaldo Cún-González¹, MSc. Yulaidis Aguilar-Pantoja¹¹¹

¹ Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba.

¹¹ Delegación del Ministerio de la Agricultura en Guantánamo, Cuba.

¹¹¹ Agencia de Medio Ambiente, Playa, La Habana, Cuba.

RESUMEN. El estudio que se presenta se desarrolló en áreas de la llanura Sur de Guantánamo en la Cooperativa de Créditos y Servicios Fortalecida (CCSF) Enrique Campos, con el objetivo de evaluar y monitorear la efectividad de la implementación del Manejo Sostenible de Tierras (MST), a través del indicador productividad agronómica del agua. Teniendo en cuenta que el incremento de la productividad agronómica del agua exige modificar la gestión de los recursos naturales agua; suelo, planta, de lo cual se deriva un impacto positivo tanto técnico; social como ambiental; la estrategia diseñada en el agro ecosistema estudiado se implementó a través del MST, lo que permitió identificar los factores limitantes del sitio e introducir prácticas de mejoramiento y conservación de suelos, cambio del método de riego por uno más eficiente, mantenimiento de 10 km de canales de drenaje. Lo que generó un abatimiento del manto freático salino existente en el sitio de 0,7 a 1,5 m, con reducción de los riesgos por salinidad; una tendencia al incremento en los rendimientos de los cultivos frijol negro y maíz, y reducción en el uso del agua de los cultivos cebolla blanca, maíz en un 43% y 16%, respectivamente. El monitoreo del indicador productividad agronómica del agua mostró que en el área aún existen problemas en el manejo del riego; donde los cultivos no reciben la norma recomendada por resolución en la región, situación que puede estar generando las afectaciones del rendimiento de la cebolla blanca, por déficit hídrico.

Palabras clave: recursos hídricos, manejo del riego, eficiencia.

ABSTRACT. The study carried out in areas of the South Guantanamo plain in the cooperative Enrique Campos, with the objective of evaluating and monitoring the effectiveness of the implementation of Sustainable Land Management (SLM), through the indicator agronomic water productivity. Bearing in mind that the increase in the agronomic productivity of water requires modifying natural's resources management; water; soil; plants, from which technical, social as environmental positive impacts are derived. The strategy designed in the agro ecosystem studied, was implemented through a SLM practices; soil improvement and conservation measures; change of irrigation method to a more efficient one, maintenance of 10 km of drainage channels. This generated an abatement of saline water table from 0.7 to 1.5 m, with reduction of salinity's hazards. In addition, with increasing in yields of black bean and corn and a reduction in water use by white onion and corn crops in 43% and 16%, respectively. However, the analysis of the agronomic water productivity indicator showed that in the area there are still problems in the irrigation's management; where the crops do not receive the recommended norm by resolution, situation that can be produced a reduction of the white onion yields, for water deficit.

Keywords: Water resources, irrigation's management, efficiency.

INTRODUCCIÓN

Los recursos hídricos disponibles en Cuba son limitados y están heterogéneamente distribuidos. La media nacional de 1 220 m³ de agua por persona al año sitúa al país en un nivel

de estrés hídrico moderado. Diversos son los problemas relacionados con la gestión sostenible del agua en Cuba: el bajo volumen de agua disponible por habitante al año, el bajo índice

de reposición anual de los recursos hídricos con el 13,7%, la baja eficiencia en el uso del agua y las pérdidas en las redes de distribución y consumo, entre otros. En consecuencia, el agua constituye para Cuba el principal desafío ambiental para garantizar su sostenibilidad en el desarrollo, así como su seguridad ambiental y alimentaria. (Díaz-Duque, 2018).

Los administradores del agua para el riego necesitan identificar tendencias en los patrones de uso y niveles de eficiencia con vistas a fijar metas y mejorar la productividad por unidad de volumen utilizado y/o consumido y por unidad de superficie de suelo (González *et al.*, 2014)

Ríos *et al.* (2016), señala que el concepto de productividad del agua fue establecido por Kijne, como una medida sólida para determinar la capacidad de los sistemas agrícolas de convertir el agua en alimento. Sin embargo, la determinación de tal concepto en la práctica se utiliza como una herramienta de diagnóstico para comprobar la eficiencia del uso del agua en los sistemas agrícolas, y para proporcionar una visión sólida para la determinación de las oportunidades de redistribución de agua en las cuencas, donde el objetivo sea el incremento de la productividad agrícola del agua. Además, señala que ello finalmente permitirá a los tomadores de decisiones hacer juicios acerca de qué alternativas existen para resolver los problemas técnicos en cuanto a la productividad del agua, acerca de si una región es o no eficiente en la producción agrícola.

El valor de la productividad del agua para un mismo cultivo es muy variable, así, con una misma cantidad de agua aplicada a un cultivo cualquiera y no limitante para obtener una producción máxima, la mayor producción obtenida será una función del factor que limite este rendimiento (ley del mínimo), y que puede variar en función de la adaptación del cultivo al medio donde se desarrolla, de la productividad del suelo, de los niveles de aplicación de fertilizantes, y también de la técnica de riego que se emplee (González *et al.*, 2015).

Una mayor productividad del agua exige modificar la gestión de los cultivos, el suelo y el agua. La posible estrategia para realizarlo es a través de la implementación de prácticas de MST, la que incluye selección de cultivos y cultivares apropiados, el uso de métodos mejorados de siembra, labranza mínima, sincronizar las aplicaciones de agua con los periodos de crecimiento más pertinentes, y mejorar el drenaje. Todas las prácticas culturales y agronómicas que reducen la evaporación del agua -como sembrar en hileras con espacios variables y aplicar rastrojo- mejoran la productividad agronómica del agua.

Según González *et al.* (2015), definida la cantidad total neta de agua necesaria para que un cultivo alcance su máxima producción en ausencia de algún factor limitante, la cantidad bruta a aplicar de agua es una función de la eficiencia de la técnica de riego con que se aplica, además de que no basta con disponer de la cantidad neta necesaria, sino que su mejor efecto se obtiene cuando se aplica en el momento oportuno y en la cantidad y momento necesario.

El MST, según Urquiza *et al.* (2011), es una expresión utilizada con el propósito de manifestar la excelencia en el tratamiento de las tierras para obtener bienes y servicios suficientes y de calidad sin comprometer el estado de los recursos

naturales renovables y su capacidad de resiliencia. Es un balance de producción y protección, orientado a lograr el objetivo general del desarrollo sostenible. En este contexto, el MST busca armonizar objetivos complementarios, pero a menudo en conflicto: producción y protección ambiental.

Según la NC ISO 1041 (2014), el MST es un modelo de trabajo adaptable a las condiciones de un entorno específico, que permite el uso de los recursos disponibles en función de un desarrollo socio económico, que garantiza la satisfacción de las necesidades crecientes de la sociedad, el mantenimiento de las capacidades de los ecosistemas y su resiliencia.

Asociado a este modelo de trabajo, necesariamente habrá que conseguir una nueva forma de pensar y actuar en la agricultura, de manera que se conjugue las acciones multidisciplinarias y, transectoriales en función de la gestión integrada de los recursos.

Este trabajo tiene como objetivo evaluar y monitorear la efectividad del MST a través del indicador productividad agronómica del agua en áreas de la CCSF Enrique Campos en la llanura Costera Sur de Guantánamo.

MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la CCSF Enrique Campos ubicada al Sur de la ciudad de Guantánamo en el kilómetro 10 de la carretera hacia Caimanera, entre las coordenadas N 153,00–154,00 y E 668,725 – 670,975, sitio demostrativo que se inició en el año 2009 en el proceso de implementación de prácticas de MST en la Llanura Costera Sur de Guantánamo. Figura.1

El suelo típico del área es un Aluvial; poco diferenciado (Fluvisol Típico, Según Hernández *et al.* (2015), sobre material transportado carbonatado, medianamente profundo, poco humificado, poca erosión, textura loam arcilloso, profundidad efectiva (30 cm.), topografía llana.

El clima en la región es semiárido, donde los valores de la evaporación media anual supera los 2 300 mm mientras que los valores de la precipitación media anual están en el orden de los 650–800 mm y la temperatura se mantiene alta y estable a través de todo el año la media anual es de 26,0 °C y la máxima media supera los 30,0 °C todos los meses (Limeres, 2015).

La fuente de abasto de agua para el riego en este sitio es el Canal Magistral Guanta Izquierdo, ubicado en la cuenca de interés Nacional Guantánamo–Guaso y tiene como principal fuente de alimentación a la Presa La Yaya, la de mayor capacidad en la Provincia, la que se alimenta por el río Guantánamo. Esta fuente abastece de agua no solo a estas áreas, sino que también es la fuente de abasto de agua potable para el poblado de Caimanera, esto último constituye un posible riesgo para el regadío del área en caso de años extremadamente secos donde la primera prioridad sería garantizar el agua a la población.

Para la implementación de prácticas de MST se desarrolló en el área un diagnóstico inicial; donde se identificaron los factores limitantes y los tipos de degradación existentes. Para ello se utilizaron las herramientas metodológicas estandarizadas, sencillas y económicas de la FAO (LADA-L) propuestas por Urquiza *et al.* (2011).

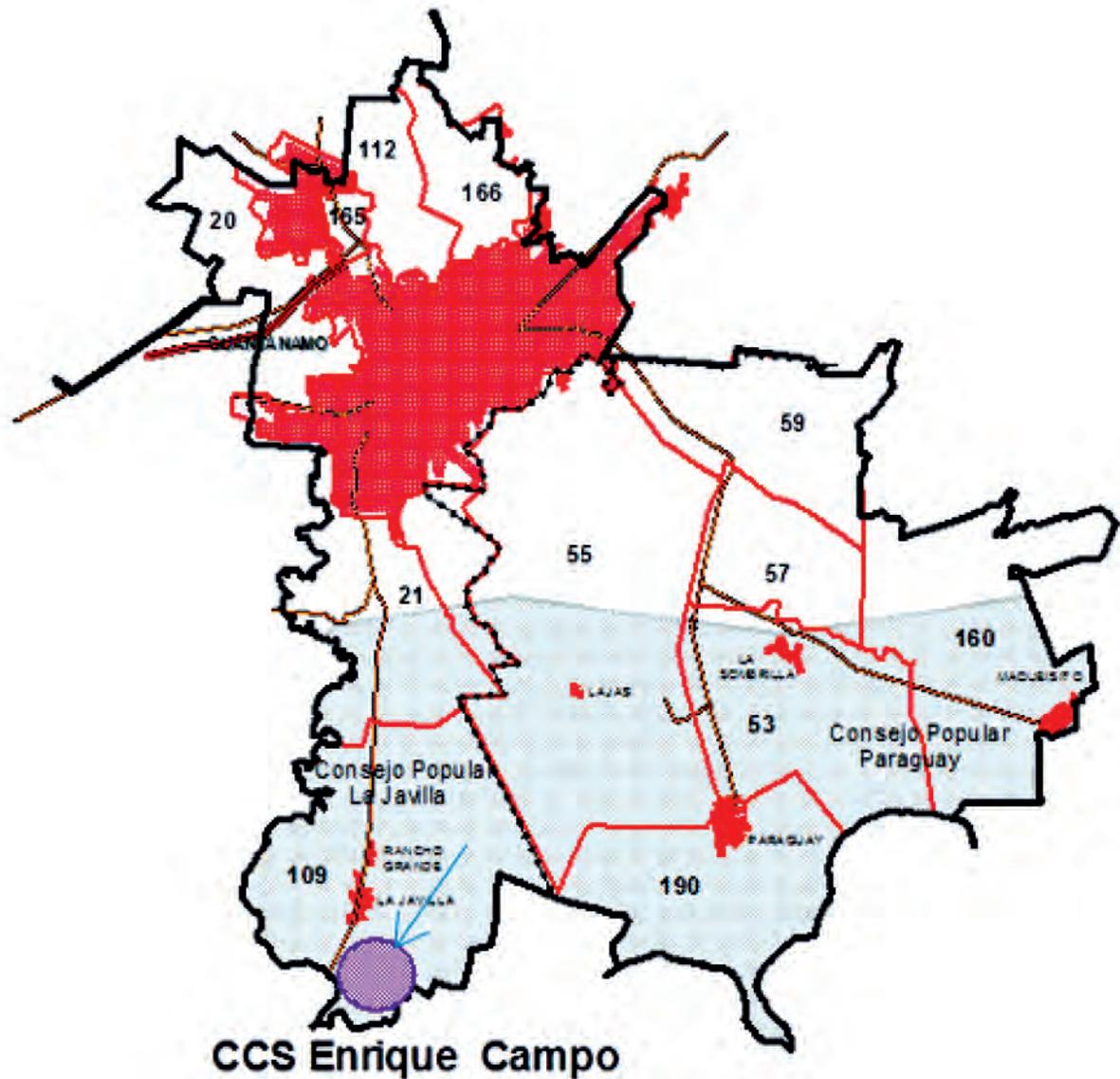


FIGURA 1. Ubicación Geográfica de la CCSF Enrique Campos.

Se trazaron transeptos o rutas críticas como recomienda la metodología antes citada, para valorar los recursos naturales y los diferentes tipos de uso lo que facilitó valorar la tipología de los problemas en el campo

Para el monitoreo, seguimiento y evaluación de la implementación del MST se escogió el indicador productividad agronómica del agua, teniendo en cuenta que este indicador refleja la presión que ejerce la agricultura (por ser el principal consumidor del agua) sobre los recursos hídricos, al mostrar una relación directa entre el uso de agua y los resultados productivos por cultivos. Su análisis, en un periodo de tiempo, presenta una visión general sobre el comportamiento de la eficiencia de uso del agua y, permite valorar una reducción o incremento de la presión sobre las fuentes de abastecimiento (superficiales y subterráneas) y el efecto positivo sobre la recarga del manto salino existente en la zona, como un indicador que refleja la reducción de los riesgos por salinidad en este agro ecosistema.

Para el cálculo del indicador productividad del agua se

empleó la fórmula propuesta por Ríos *et al.* (2016).

$$Y = \frac{V}{RF} \tag{1}$$

donde la variable Y muestra la relación entre el volumen de agua V (m³) que representa la norma de riego bruta y (RF) es el rendimiento físico por hectárea del cultivo (en t/ha); Y se expresa en metros cúbicos de agua empleados en el riego por toneladas producidas. (m³·t⁻¹ de producto).

Para el monitoreo de la dinámica del manto freático salino se instalaron 3 pozos de observación con una profundidad de 3 m, los cuales se midieron con una frecuencia mensual.

Se realizó la evaluación hidráulica del sistema riego por aspersión semiestacionario instalado en el año 2013, a través del método pluviométrico y se definieron parámetros hidráulicos necesarios para conocer si el sistema cumple con los requerimientos técnicos, tanto de diseño como de explotación. Esto

es un aspecto importante para tener estimaciones precisas de la productividad agronómica del agua, donde se requiere del conocimiento del rendimiento de los cultivos que se riegan y de la cantidad de agua aplicada lo más exacta posible.

Evaluación hidráulica del sistema de riego:

Prueba Pluviométrica.

1. Organización del área de prueba.
 - a) el área utilizada tenía buena nivelación, libre de obstáculos.
2. Diseño de los colectores.
 - a) se utilizaron colectores cilíndricos con un área de captación de 68.52 cm² y 12 cm de altura.
3. Colocación de los colectores.

Según lo especifica la norma ISO 7749/1 (1986), se colocaron 100 pluviómetros a una equidistancia de 1,20 m en el área comprendida entre 4 aspersores. El tiempo de puesta fue de 60 minutos.
4. Montaje del aspersor.

La evaluación pluviométrica se realizó con marco de puesta

La Uniformidad de Distribución (UD) (ec. 3)

$$UD = \frac{\text{Altura media de agua recogida en el 25\% del área menos regada}}{\text{Altura media de aguarecogida}} \tag{3}$$

El Coeficiente de Uniformidad del Sistema (CUs) se calcula (ec. 4)

$$CU_s = CU * 1/2 * \left[1 + \frac{Pn}{Pa} \right]^{0.5} \tag{4}$$

Pn: Presión mínima en un aspersor en el bloque de riego;
 Pa: Presión media en los aspersores del bloque;
 CU: Coeficiente de Uniformidad de Christiansen.

La Uniformidad de Distribución del Sistema (UDs) (5)

$$UD_s = UD * 1/4 * \left[1 + 3 \left(\frac{Pn}{Pa} \right)^{0.5} \right] \tag{5}$$

Pn: Presión mínima en un aspersor en el bloque de riego;
 Pa: Presión media en los aspersores del bloque;
 UD: Uniformidad de Distribución.

Las láminas de agua colectadas en los pluviómetros, fueron trasvasadas a probetas de 100 mL y precisión de 1 mL para su lectura. Y los tiempos fueron controlados mediante cronometro con precisión de 1 segundo.

Para la conversión de los volúmenes de agua (mL) colectados en los pluviómetros a lámina de agua en (mm), se utilizó la expresión (6)

$$H = \left[\frac{V}{A} \right] * 10 \tag{6}$$

H: Altura o lamina de agua (mm);
 V: Volumen de agua captada en un pluviómetro en (mL o cm³),
 A: Área de captación del pluviómetro (m²). En este caso se

de aspersores de 12 x 12 m, según lo fija el manual de montaje. La altura de los tubos porta aspersores fueron de 0,7 m

5. Mediciones de las condiciones atmosféricas.
 - a) Antes y durante la ejecución del ensayo, a intervalos de 15 minutos, se midió la velocidad del viento.
- Parámetros hidráulicos determinados:
- Coeficiente de Uniformidad (Christiasen, 1942), (ec. 2)
 - Uniformidad de Distribución (ISO 7749/2, 1990).
 - Coeficiente de Uniformidad del Sistema (Keller y Blisner, 1990).
 - Uniformidad de Distribución del Sistema (Keller y Blisner, 1990).

El Coeficiente de Uniformidad de Christiansen se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$C = \left(1 - \frac{\sum |Ci - M|}{Mn} \right) * 100 \tag{2}$$

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.

utilizó un pluviómetro con área de captación de 67,93 cm² y una altura de 12 cm.
 de tal forma que:

$$\text{Pluviometría} = \frac{H}{t} \tag{7}$$

Pluviometría (mm/h);
 H: Altura o lámina de agua (mm)
 t: tiempo de la prueba en (hora).

Para el análisis de la productividad del agua se utilizó la información sobre los consumos de agua, agua aplicada y los rendimientos de los cultivos reportados por los extensionistas territoriales; disponibles en los informes de producción de 5 años de los cultivos frijol negro; cebolla blanca y maíz y los informes técnicos realizados por especialistas del IAgriC en el 2010; de las evaluaciones de la eficiencia del sistema de riego superficial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la CCSF Enrique Campos se inició el proceso de implementación de prácticas de MST, en el periodo 2009/2010 con el diagnóstico integral del área; realizado por un equipo multidisciplinario, lo que permitió identificar la tipología de los problemas generados por el mal manejo. Entre los principales factores limitantes identificados en este sitio se encontraron: la presencia de un manto freático salino cercano a la superficie (0,7-0,9 m), con una salinidad del agua de 3 dS·m⁻¹, cuyas propiedades determinan un alto riesgo salino en los suelos según la NC 1048 (2014), por ascenso capilar, canal de drenaje superficial que no funcionaba

de manera adecuada debido a la falta de mantenimiento, alta mineralización de la materia orgánica por las altas temperaturas existentes en este sitio y bajas precipitaciones de la zona, lo que condiciona un bajo contenido de materia orgánica. Según Limeres (2015), en este sitio abundan periodos largos sin precipitaciones entre 20 y 30 días consecutivos sin precipitaciones y días con lluvias intensas, situaciones que incrementan los problemas de salinidad y drenaje identificados.

El diagnóstico permitió identificar otro factor limitante asociado al mal manejo del riego, problemas en el diseño de los surcos (demasiado largos) y en la frecuencia duración del riego (riegos muy distanciados) que unido al tipo de suelo provocaban grietas profundas (Figuras 2 y 3), por donde ocurrían abundantes pérdidas de agua y recarga del manto salino. Las que se incrementaban además con las aportadas por los canales de riego sin revestir. Esto último se corrobora por Aguilar (2015), que planteó que la eficiencia global de este sistema era de 18% con pérdidas por conducción en los canales de riego sin revestir.



FIGURA 2. Grietas de hasta 8 pulgadas de profundidad.

El trabajo de diagnóstico facilitó la valoración de indicadores de estado, presión y respuesta a cada situación; esto generó un plan de manejo, a tenor de los criterios, importantes para lograr un manejo sostenible del agroecosistema estudiado; en el periodo 2010/2015 se introdujeron medidas de conservación y mejoramiento de los suelos; donde se aplicaron abonos verdes, orgánicos; biofertilizantes y bioestimulantes y se introdujeron especies tolerantes a los problemas identificados, además en el 2013 se sustituyó el método de riego por surcos por aspersión semiestacionario y se mejoraron las condiciones de drenaje a través del mantenimiento del canal de drenaje superficial.



FIGURA 3. Abundantes pérdidas de agua por las grietas.

Evaluación del sistema de riego instalado en el 2013

Los resultados de la evaluación hidráulica del sistema de riego por aspersión realizada en el 2017, muestran un buen funcionamiento del mismo. El porcentaje de área regada adecuadamente alcanzó un valor de 52,22%, siendo superior al área regada insuficiente (22,22%) y a la regada excesiva (25,56%). Estos resultados indican que la mayor superficie regada recibe la lámina adecuada para el cultivo.

Como se puede observar en la Tabla 1, el gasto obtenido en el aspersor trabajando a una presión de 28 m.c.a fue de 1 028 L/s valor cercano al planteado por el fabricante (1 029 L/h) a esta presión de trabajo, la intensidad de aplicación fue de 7,14 mm/h y la lámina media aplicada por los aspersores fue de 6,65 mm/h.

TABLA 1. Resultados de la evaluación de los aspersores

| | | |
|------------------------------------|-------|-------------------|
| Caudal del Aspersor: | 1 028 | (L/h) |
| Área del Marco de Puesta: | 144 | (m ²) |
| Lámina media aplicada: | 6,65 | (mm/h) |
| Lámina descargada por el aspersor: | 7,14 | (mm/h) |

El coeficiente de uniformidad de Christiansen y el coeficiente de uniformidad del sistema alcanzaron valores de 88,9% y 88,6% respectivamente. Mientras que la uniformidad de distribución del sistema, alcanzó el 81,25%. Estos valores obtenidos clasifican de bueno, según Tarjuelo (2005) y Smith (2006). La velocidad del viento influyó de manera positiva al estar por debajo de 2 m/s durante el desarrollo de la evaluación (Tabla 2).

TABLA 2. Evaluación del sistema

| Coefficiente uniformidad de Christiansen CU en% | Coefficiente de uniformidad del sistema CUs en% | Uniformidad distribución del sistema UDs en% | Velocidad promedio del viento m/s |
|---|---|--|-----------------------------------|
| 88,90 | 88,65 | 81,25 | 0,86 |

A partir de la sustitución del método de riego por uno más eficiente en el 2013, el mantenimiento del canal de drenaje superficial y un manejo adecuado del riego según las recomendaciones del plan de manejo; se redujeron las pérdidas de agua que recargaban el manto freático salino cercano a la superficie, provocando un abatimiento hasta la profundidad de 1,5 m, con reducción de los riesgos salinos por ascenso capilar de las aguas salinizadas. (Figura 4).

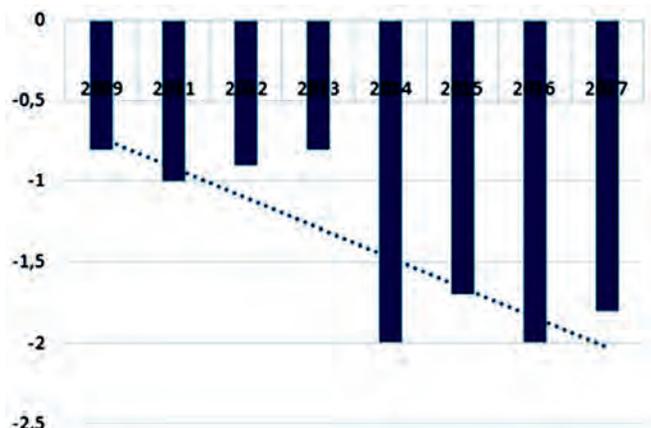


FIGURA 4. Abatimiento del manto freático.

Productividad Agronómica

El monitoreo del comportamiento del indicador productividad agronómica del agua involucra el análisis de los rendimientos de los cultivos; las normas netas de riego y la eficiencia del sistema

El comportamiento de los rendimientos en el periodo de implementación de prácticas de MST, reflejan una tendencia positiva al incremento; en los cultivos frijol negro y maíz no así en la cebolla blanca (Figura 5). Situación que puede estar asociado al déficit hídrico sufrido por este cultivo.

Lo anterior se refleja en el análisis de la productividad del agua realizado por la ecuación 1 para el año 2016 (Tabla 3). Teniendo en cuenta que al cultivo de la cebolla se le aplicó una norma neta inferior a la recomendada para la región, lo que generó una reducción del agua utilizada en un 43%, pero al mismo tiempo el rendimiento se vio afectado. Esta situación puede estar asociada al déficit hídrico, valorando que la restricción hídrica moderada en el cultivo de cebolla, adelanta el inicio de la bulbificación. Sin embargo, los rendimientos disminuyen cuando el déficit hídrico coincide con el “período crítico” al inicio de la formación de bulbos. Según Estrada et al. (2015). Por otra parte, los cultivos frijol negro y maíz no se les aplicó la norma neta que se establece por Resolución 287/15, en el caso del frijol negro se aplicó una norma superior; y en el maíz una inferior; generando una reducción en el uso del agua de un 16%, sin afectaciones de los rendimientos.

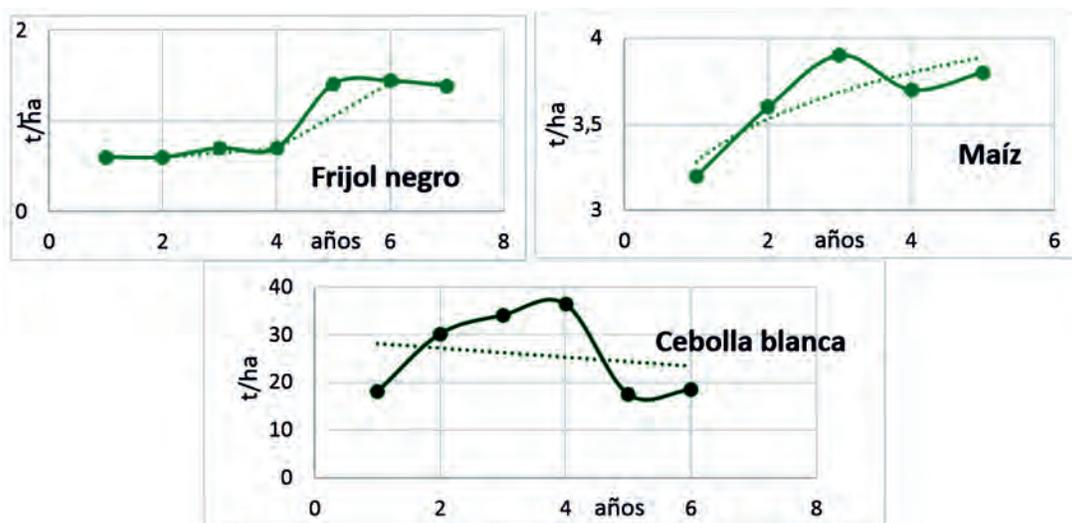


FIGURA 5. Tendencia de los rendimientos en los tres cultivos.

TABLA 3. Análisis de la productividad del agua en la CCSF Enrique Campos

| Cultivo | Rendimiento 2016 (t · ha ⁻¹) | Norma neta (m ³ · ha ⁻¹) | Norma bruta (m ³ /ef) | Productividad (m ³ /t) | Porcentaje (%) ahorro de agua |
|----------------|--|---|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Frijol negro | 1,38 | 3 630 | 4 537,5 | 3 288,0 | -6 |
| Maíz | 3,8 | 3 690 | 4 612,5 | 1 213 | 16 |
| Cebolla Blanca | 18,4 | 2 610 | 3 262,5 | 177,3 | 43 |

El estudio y monitoreo del indicador productividad agronómica del agua mostró que en el área aún persiste uno de los factores limitantes identificados en el diagnóstico inicial, asociado al manejo del riego, donde los cultivos no reciben la norma recomendada por resolución, para esta región.

CONCLUSIONES

- El indicador productividad del agua facilita el monitoreo y seguimiento del manejo sostenible de tierras, reflejando los efectos negativos del mal manejo.
- La implementación del manejo sostenible de tierras permite identificar los factores limitantes en el agroecosistema estudiado.
- En la CCSF Enrique Campos el método de riego por aspersión instalado en el área cumple con los requerimientos técnicos, tanto de diseño como de explotación, regando con un coeficiente de uniformidad del 88,90% que clasifica como bueno.
- El nuevo método de riego instalado unido a las medidas de mantenimiento de los sistemas de drenaje redujo el riesgo salino con el abatimiento del manto freático salino de 0,7 a 1,5 m.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de los resultados del Proyecto 2: “Fortalecimiento de Capacidades para la Coordinación de Información y los Sistemas de Monitoreo/MST en Áreas con Problemas de Manejo de los Recursos Hídricos”, del Programa de Asociación de Países (CPP/OP 15, Country Pilot Partnership) sobre Manejo Sostenible de Tierras PIMS (3005) en Apoyo al Programa Nacional de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía en Cuba, como donante el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), Implementadores: ONU Ambiente y PNUD, Ejecutor: Agencia de Medio Ambiente, Agencia Técnica de Colaboración: FAO y con la participación de diversas instituciones nacionales. Muchas gracias por el valioso apoyo a la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, P.Y.: *Manejo Sostenible-Experiencias y desafíos*, Ed. Ediciones AMA, Informe Final Proyecto 1 del CPP ed., La Habana, Cuba, 2015, ISBN: 978-959-300-110-6.
- CHRISTIANSEN, J.E.: “The uniformity of application of water by sprinkler systems”, *Agricultural Engineering*, 22: 89-92, 1942.
- DÍAZ-DUQUE, J.A.: “El agua en Cuba: un desafío a la sostenibilidad”, *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, XXXIX(2): 46-59, 2018, ISSN: 1815-591X.
- ESTRADA, P.W.; LESCAI, B.E.R.; ÁLVAREZ, F.A.; MACEO, R.Y.C.: “Respuesta a la sequía de variedades de cebolla (*Allium cepa* L.) utilizando diferentes índices de selección”, *Cultivos Tropicales*, 36(3): 75-81, 2015, ISSN: 1819-4087.
- GONZÁLEZ, R.F.; HERRERA, P.J.; LÓPEZ, S.T.: “Productividad del agua en algunos cultivos agrícolas en Cuba”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(4): 21-27, 2014, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- GONZÁLEZ, R.F.; LÓPEZ, S.T.; HERRERA, P.J.: “Indicadores de productividad del agua por cultivos y técnicas de riego en Cuba”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(4): 57-63, 2015, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- HERNÁNDEZ, J.A.; PÉREZ, J.J.M.; BOSCH, I.D.; CASTRO, S.N.: “Clasificación de los suelos de Cuba 2015”, *Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA*, 2015.
- ISO 7749/1, 7749/1: *Norme Internationale. Matériel d'irrigation. Asperseurs ratatifs. Partie 1*, Vig de 1986.
- ISO 7749/2: *Exigentes de conception et de fonctionnement. Partie 2*, Vig de 1990.
- KELLER, J.; BLISNER, D.R.: *Sprinkler and Trickle Irrigation*, Ed. Avi Book, Van Nostrand Reinhold ed., New York, USA, 1990.
- LIMERES, T.: *Manejo Sostenible en Guantánamo Experiencias y desafíos*, Ed. Ediciones AMA, 2015, ISBN: 978-959-300-111-3.
- NC 1048: *Calidad del agua para preservar el suelo-especificaciones*, Vig. de 2014.
- NC ISO 1041: *Calidad del Suelo-Manejo Sostenible de Tierras Términos y Definiciones*, Vig. de 2014.
- RÍOS, F.L.; TORRES, M.; RUIZ, T.J.; TORRES, M.A.: “Eficiencia y productividad del agua de riego en trigo (*Triticum vulgare*) de Ensenada y Valle de Mexicali, Baja California, México DSC”, *Multidisciplinary Scientific Journal*, 26(1): 20-29, 2016, ISSN: 0188-6266, DOI: 10.15174/au.2016.825.
- SMITH, B.: *The Farming Handbook*, Ed. University of KwaZulu-Natal Press, South Africa, 2006, ISBN: 1-86914-090-7.
- TARJUELO, J.M.: *El riego por aspersión y su tecnología*, Ed. Mundi-Prensa, Tercera ed., Madrid, España, 569 p., 2005.
- URQUIZA, N.; ALEMÁN, C.; FLORES, L.; RICARDO, M.: *Manual de Procedimientos para Manejo Sostenible de Tierras*, Ed. CIGEA, La Habana, Cuba, 2011, ISBN: 978-959-287-027-7.

Recibido: 28/12/2017.

Aprobado: 06/08/2018.

Marta Paula Ricardo-Calzadilla, Investigador Auxiliar, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana. Cuba, Correo electrónico: proyecto2op15@iagric.cu

Teuddys Limeres-Jiménez, Correo electrónico: jsuelos@gtm.minag.gob.cu

Alcides Loríe-Fong, Correo electrónico: jsuelos@gtm.minag.gob.cu

Reinaldo Cún-González, Correo electrónico: dptoriego3@iagric.cu

Yulaidis Aguilar-Pantoja, Correo electrónico: yaguilar@ama.cu

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.