

Diseño de un Modelo de Gestión Integral de Riego para Máquinas de Pivote Central Eléctrico

Design of an Integrated Irrigation Management Model for Electric Center Pivot Machines

 Dania Rodríguez-Correa*,  Camilo Bonet-Pérez,  Bárbara Mola-Fines and  Pedro Guerrero-Posada

Instituto de Investigaciones en Ingeniería Agrícola, filial Camagüey, Cuba.

*Autora para correspondencia: Dania Rodríguez-Correa, e-mail: esp.ext.iagric@dlg.cmg.minag.gob.cu, daniarc1975@gmail.com

RESUMEN: Se pronostica una reducción de la disponibilidad de los recursos hídricos como consecuencia de los efectos del Cambio Climático, a partir de lo cual resulta imprescindible la aplicación de métodos de trabajo que permitan lograr un uso cada día más eficiente del agua para riego. Los documentos rectores de la actividad de riego existentes en Cuba han sido concebidos a nivel macro, debido a ello no ofrecen los parámetros que consideren las características básicas de las unidades productivas y no brindan los elementos técnicos para la organización y ejecución del riego a nivel de base. Con el objetivo de diseñar un modelo para la organización, ejecución y control del riego que contribuya al uso eficiente del agua en sistemas con máquinas de pivote central eléctrico, se lleva a cabo la investigación en áreas de la Empresa Agropecuaria Camagüey. Como resultado de la evaluación realizada se determinaron parámetros de explotación como: la preparación, organización, ejecución y determinación de la efectividad del riego. Los indicadores incluyen todos los aspectos contenidos en cada uno de estos parámetros tales como la revisión técnica, capacitación, entre otros, que permitieron la obtención de un modelo de gestión donde el riego no se valora aisladamente sino en su interrelación con todas las actividades que se vinculan con la producción del cultivo del frijol, cuya utilización demostró su factibilidad de aplicación al resultar preciso y dinámico, además se adapta a otras condiciones de suelos, cultivos y tecnologías de riego.

Palabras clave: uso de agua, déficit de agua, rendimiento.

ABSTRACT: It is predicted a reduction of the readiness of the hidrics resources like consequence of the Climatic Change, starting from that is indispensable the application of working methods that allow to achieve each day a more efficient use of the water. The rector's documents of the irrigation activity available in Cuba have been conceived at the macro level due to this they don't offer the parameters that consider the basic characteristics of the productive units and don't provide the technical elements for the organization and execution of irrigation at base level. With the objective of designing a model for the organization, execution and control of the irrigation that contributes to the efficient use of water in systems with electric central pivot machines research is carried out in areas of the Camagüey Agricultural Company. As a result of the evaluation carried out, exploitation parameters were determined such as: preparation, organization, execution and determination of the effectiveness of irrigation. The indicators include all the aspects contained in each of these parameters such as the technical review, training, among others, which allowed obtaining a management model in which irrigation is not valued in isolation but in its interrelation with all the activities that are linked to the production of bean crops, whose use demonstrated its feasibility of application by being precise and dynamic, also, adaptable to other conditions of soils, crops and irrigation technologies.

Keywords: Use of Water, Water Deficit, Yield.

INTRODUCCIÓN

Los recursos hídricos disponibles en Cuba son limitados y están heterogéneamente distribuidos. Son diversos los problemas relacionados con la gestión sostenible del agua debido al bajo volumen disponible, el bajo índice de reposición anual, la baja eficiencia en el uso del agua y las pérdidas en las redes de distribución. Ha expresado Díaz (2018) que el agua constituye para Cuba el principal desafío ambiental para garantizar su sostenibilidad en el desarrollo, así como su seguridad ambiental y alimentaria, teniendo en cuenta que el cambio climático agudiza este reto.

En la Estrategia Ambiental Nacional (EAN 2021-2025) se hace referencia a los principales problemas ambientales identificados que muestran una compleja y dinámica interrelación, que afectan los recursos naturales en su vínculo con el desarrollo socioeconómico. Su ordenamiento no supone jerarquización alguna entre efectos como la degradación de los suelos, afectaciones a la cobertura forestal, contaminación, pérdida de la diversidad biológica y deterioro de los bienes y servicios ecosistémicos. Tampoco entre la carencia y dificultades con el manejo, la disponibilidad y calidad del agua, efectos negativos del cambio climático, y el deterioro de las condiciones higiénica sanitaria en los asentamientos

Recibido: 04/05/2024

Aceptado: 16/01/2025

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses

AUTHOR CONTRIBUTION: **Conceptualization:** D. Rodríguez. **Data curation:** D. Rodríguez. **Formal analysis:** D. Rodríguez, C. Bonet, B. Mola, P. Guerrero. **Investigation:** D. Rodríguez, C. Bonet, B. Mola, P. Guerrero. **Methodology:** D. Rodríguez. **Supervision:** D. Rodríguez, C. Bonet, B. Mola, P. Guerrero. **Writing original draft:** D. Rodríguez. **Writing review and editing:** C. Bonet, B. Mola, P. Guerrero.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



humanos (Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA- Cuba, 2021).

Hace referencia Macías (2017) al hecho de que en Camagüey se requiere del ahorro en las fuentes acuíferas, a partir de la eficiencia en todas las operaciones hidráulicas que se ejecuten y a elevar los sistemas de control del demandado recurso natural para disminuir pérdidas por causa de salideros, averías de conductoras o el mal uso y manejo del agua.

La implementación de un plan de enfrentamiento y mitigación incluye medidas a corto, mediano y largo plazo, respaldadas por inversiones y acciones de mantenimiento, junto a la labor educativa de concientizar a los principales consumidores y contaminadores acerca de la necesidad de un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos (Macías, 2018).

El agua disponible para riego en la unidad productiva Victoria II está limitada por lo que se hace necesario un uso eficiente del agua para riego. Existe una baja eficiencia y productividad del agua y los resultados productivos obtenidos no son satisfactorios, por lo que la determinación de parámetros e indicadores de manejo del agua de riego permitirá evaluar las causas que inciden en estos resultados a nivel de producción y determinar las medidas para su mejoramiento.

Una de las tecnologías de riego existentes en la unidad son las máquinas de riego de pivote central eléctrica, estos métodos de aplicación de agua son muy adaptables y han experimentado un crecimiento alrededor del mundo en los últimos años. Debido a su potencial para aplicar agua de forma eficiente, alto grado de automatización, que permite una menor utilización de mano de obra (en relación a otros métodos de riego), su capacidad para aplicar agua y nutrientes solubles en una amplia gama de suelos, cultivos y condiciones topográficas, su uso ha permitido aplicar riegos frecuentes y cubrir mejor los requerimientos hídricos y aumentar la producción de los cultivos (Uribe et al., 2001).

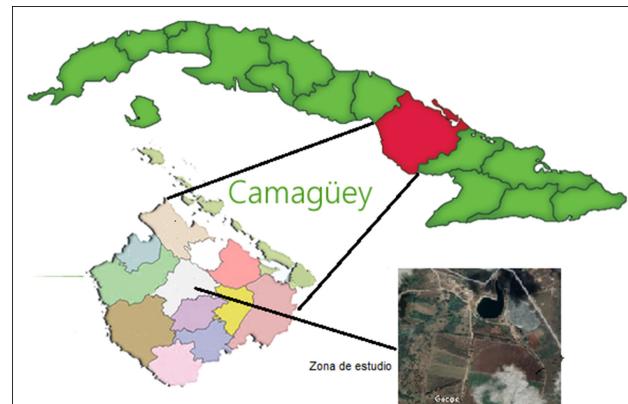
El objetivo del presente estudio es diseñar un modelo para la organización, ejecución y control del riego que contribuya al uso eficiente del agua en sistemas con máquinas de pivot central eléctrico.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló entre los años 2021-2022 en áreas de la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) Victoria II, perteneciente a la Empresa Agropecuaria Camagüey, se encuentra ubicada geográficamente en el municipio Camagüey, entre las coordenadas N (310.00-315.00) y E (403.00- 408.00) en la hoja cartográfica San Serapio (4680-II-A) a escala 1:25 000, limitando al norte con el polígono militar Lesca, al sur con la carretera de Nuevitas, al este con el camino a la pollera La Lucha y al oeste con la Granja Estatal de Nuevo Tipo (GENT), Victoria I (Google, 2020).

La unidad cuenta con un área total de 403 ha distribuidas en 17 fincas, de ellas 144,0 ha bajo riego, que incluyen 82,0 ha con riego por aspersión vinculadas a seis sistemas

semi estacionarios (media presión) y 62,0 ha de riego con cinco máquinas de pivote eléctricas (Rodríguez et al., 2018) (Figura 1).



Fuente: <https://www.google.com.cu> (Google, 2020)

FIGURA 1. Imagen satelital de la unidad objeto de estudio UBPC “Victoria II”.

Se realizó el modelo de gestión sobre la base de la técnica de riego de máquina de pivote central eléctrica que se explota en la unidad productiva. En el desarrollo del mismo, se hizo un análisis de las decisiones de cada uno de los actores a partir de las actividades propuestas con la participación de los productores y las instituciones involucradas en el proceso.

El diagnóstico realizado con el objetivo de identificar los problemas existentes con la tecnología de riego indicó que las principales dificultades fueron la ineficiente explotación de las técnicas de riego disponibles el bajo aprovechamiento de las áreas bajo riego, la falta de vinculación entre las actividades de riego y agrotecnia que se refleja en un bajo aprovechamiento de los sistemas de riego disponibles, además, no existe conocimiento sobre los parámetros de calidad del riego y de indicadores de productividad del agua Rodríguez et al. (2018) citado por Rodríguez (2023).

Para la confección del modelo se tuvo en cuenta aspectos que fueron valorados con las acciones de preparación, ejecución, control del riego, así como su efectividad, además de la integración de los siguientes parámetros; operación de la máquina y evolución según la Norma Cubana NC ISO 11545 (2012), calificación de los operadores, control y programación del régimen del riego, control de la lluvia y la adecuada vinculación de la humedad del suelo con la agrotecnia del cultivo.

Por otra parte, se determinaron parámetros e indicadores que permitieron realizar la propuesta del modelo de gestión del riego para la unidad objeto de estudio, facilitando una mejor comprensión para su aplicación por parte del personal involucrado en la actividad de riego y así contribuir al uso eficiente del agua.

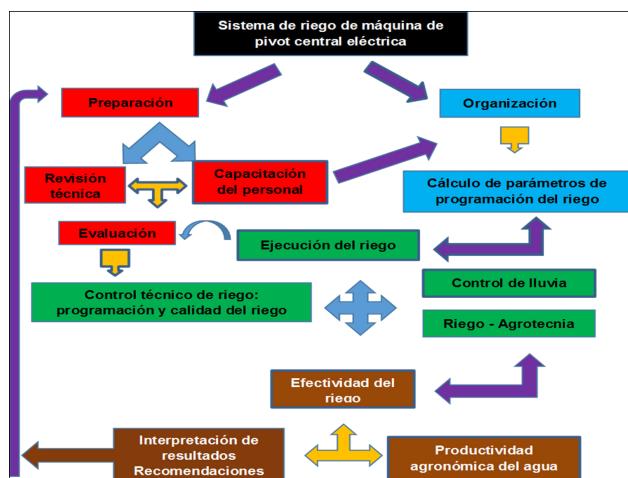
Los parámetros de explotación a determinar en la investigación para el desarrollo del modelo de gestión del riego fueron: la preparación, organización, ejecución y determinación de la efectividad del riego, en tanto los

indicadores incluyen todos los aspectos contenidos en cada uno de estos parámetros tales como la revisión técnica, capacitación, entre otros, que permitieron la obtención de un modelo de gestión en el cual el riego no se valora aisladamente sino en su inter relación con todas las actividades que se vinculan con la producción del cultivo del frijol.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El modelo está en correspondencia con lo expresado por Bonet (2019) quien manifiesta que son diversos los factores a considerar para lograr una adecuada organización de la explotación de los sistemas de riego y drenaje válidos para la implementación del modelo propuesto, incluyen actividades relacionadas con la eficiencia en la conducción del agua, la programación del riego, la aplicación de las indicaciones técnicas propias de cada tecnología de riego, e incluso, la correcta vinculación con la agrotecnia del cultivo, por cuanto el riego y el drenaje no constituyen un fin en sí mismo sino un medio para el cumplimiento del objetivo final.

En el presente estudio se propone un diseño de Modelo de Gestión Integral del Riego con la tecnología de máquinas de pivote central eléctrica, encaminado a la programación, organización y control del riego utilizando la infraestructura existente en la UBPC y fundamentado en el rol protagónico que corresponde a los trabajadores directos del área productiva (Figura 2).



Fuente: propia.

FIGURA 2. Modelo de Gestión Integral del Riego con la tecnología de máquinas de pivote

A continuación, se refleja el contenido del modelo:

1. Preparación del riego

- Revisión. Revisión integral del sistema: estación de bombeo, conductora, pivote, boquillas, manómetro, panel de control, tubería.
- Evaluación. Evaluación según NC ISO 11545 (2012). Determinación de uniformidad de riego, eficiencia de aplicación y

comprobación de velocidad de traslado (Oficina Nacional de Normalización, 2012).

- Capacitación. Actualización de la formación de operadores y técnicos de riego y producción.

2. Organización del riego

- Parámetros de organización del riego. Propiedades hidrofísicas del suelo predominante.
- Cálculos de la programación del riego por etapas de desarrollo del cultivo.

3. Ejecución del riego

- Control técnico del riego. Control de la Programación de riego. Regulación del pivote. Organización del riego. Control de la calidad del riego.
- Aplicación del Sistema de asesoramiento al Regante.
- Riego - Agrotecnia. Cumplimiento de normas técnicas del cultivo que garanticen buena población y estado vegetativo del cultivo.

4. Efectividad del riego

- Determinación de la Productividad agronómica del agua.
- Interpretación de resultados. Recomendaciones.

El modelo de gestión integral del riego está fundamentado sobre el marco conceptual legal de la Ley de la mecanización, el riego y el abasto de agua a la ganadería (2021); Decreto-Ley 138 de las aguas terrestres (GOC No. 9., 1993); Reglamento para la Organización, Operación y Mantenimiento de los Sistemas de Riego, Drenaje y Abasto de Agua (Capítulo X de la máquina de riego de pivote central eléctrica) MINAG-Cuba (1997) y por la Resolución No. 17 GOC-2021-133-EX7. No. 7 (2020), que tiene en su contenido la aprobación de los índices de consumo que aparecen en los siguientes anexos: Anexo II “Normas de riego netas totales para los cultivos agrícolas”, Anexo III “Indicadores de productividad del agua por cultivos, provincias y técnicas de riego”, Anexo IV “Eficiencia de los sistemas de riego” siendo de estricto cumplimiento todas estas normativas.

En el mismo se incluyeron acciones como la medición de la humedad del suelo, evaluación de la agrotecnia del cultivo, partir de un grupo de actividades basadas en la gestión integral del riego que permitirán contribuir con la misma técnica de riego estabilizar la producción y mejorar la economía de la unidad productiva, la calidad de vida de los productores y sus familias, además, propiciarán hacer un uso eficiente del agua y contribuir al ahorro de energía a partir de la norma que se le aplique al cultivo en dependencia de la fase de desarrollo que se encuentre.

Por otra parte, se adapta el modelo se adapta a escenarios de operación en la UBPC, ya que es el resultado de la integración de actividades basadas en la gestión integral del riego para la zona de estudio donde se apreció la mejora en el servicio de riego recomendado por el modelo con relación al sistema de trabajo tradicional

que se aplicaba anteriormente. Está básicamente diseñado con la infraestructura de riego existente en la unidad productiva sin la ejecución de nuevas inversiones, solo con la reposición de las piezas de repuesto para la tecnología existente en la misma.

Lograr la capacitación del personal utilizando para ello la cooperación con las organizaciones científicas y docentes. La consolidación del sistema de extensión agraria y la introducción de tecnologías de avanzada y enfoques de calidad son los pilares para poder fortalecer la efectividad de la gestión del riego en las unidades.

En estudios realizados por [Labrada \(2008\)](#) ha considerado que la búsqueda de nuevas formas de financiamiento para la mejora de los sistemas de riego existentes y de modelos de gestión de riego que favorezcan la estimulación para la vinculación del hombre al área y el pago por la observación de una disciplina tecnológica adecuada en el manejo de los sistemas de riego, constituyen las bases fundamentales para enfrentar las principales dificultades económicas para la gestión del riego en las unidades productivas. Considerando las características particulares del caso estudiado el cual cuenta con una infraestructura de riego adecuada, en el modelo de gestión propuesto no se prevén nuevas inversiones, sino que se implementará a partir de una mejor utilización de los recursos materiales y humanos disponibles que permitirá a los productores alcanzar niveles de desarrollo acorde a las condiciones actuales.

Los parámetros obtenidos en la investigación permitieron proponer un modelo de gestión integral del riego que permitirá su aplicación para otras condiciones de cultivos, suelos y tecnologías de riego, siendo recomendable su extensión a otras unidades adaptándolo a las condiciones locales.

Constituye un nuevo reto para las unidades productivas que tienen áreas bajo riego en las cuales los resultados productivos y económicos no se corresponden con los esperados, y de esta manera beneficiar a los productores contribuyendo a su economía familiar; para ello se requiere contar con la integración de los Centros de Ciencias, Universidades, Centros Meteorológicos y otras dependencias que de una forma contribuyen al desarrollo de la agricultura.

En el futuro habrá que realizar los cambios necesarios en los modelos de gestión integral de riego existentes y adaptarlos a las condiciones actuales, en estos momentos lo estamos realizando con el modelo propuesto. La propuesta de modelo que se presenta se dirige al logro de un uso eficiente del agua y al aumento de las producciones, permitiendo garantizar la sostenibilidad, todo lo cual se basa en la participación del hombre como elemento fundamental.

CONCLUSIONES

- El modelo de gestión integral del riego diseñado mostró ser preciso, dinámico, adaptable a la unidad productiva y a escenarios similares, encaminados a

la programación, organización y control del riego y basado en un marco conceptual legal.

- La evaluación de cada indicador permitió obtener niveles de precisión adecuados, identificar áreas de mejora y contar con el conocimiento y los procedimientos requeridos por el nuevo modelo propuesto, integrando las capacidades para la mejora de la gestión del riego.
- El modelo propuesto ha sido concebido sobre la base de las características generales de la organización del riego en la agricultura cubana, por lo cual, previa adecuación, es factible su aplicación como herramienta para la organización del riego en otras condiciones de cultivos, suelos y tecnologías de riego.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bonet, C. (2019). *Operación de sistemas de riego y drenaje. Elementos básicos.* Editorial Académica Española, primera ed., Madrid, España.
- CITMA- Cuba. (2021). *Estrategia Ambiental Nacional (EAN 2021-2025). Capítulo II. Diagnóstico. Recursos naturales.* Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), La Habana, Cuba.
- Díaz, J. (2018). El agua en Cuba: Un desafío a la sostenibilidad. *Revista Ingeniería Hidráulica y Ambiental (RIHA)*, 39(2), ISSN: 1680-0338.
- GOC No. 9. (1993). *Decreto-Ley 138 de las aguas terrestres.* Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. (INRH), La Habana, Cuba.
- GOC-2021-133-EX7. No. 7. (2020). *Resolución No. 17 del Instituto de Recursos Hidráulicos (INRH).* GOC-2021-133-EX7. No. 7 Extraordinaria de 28 de enero de 2021, Resolución 419/2020 (Copia corregida). Anexo Único. Ministerio de Finanzas y Precios (MFP), La Habana, Cuba.
- Google. (2020). *Mapa Satélite de Altamira. Ubicación de la UBPC Victoria II. Provincia de Camagüey, Cuba* [Mapa Satélite de Altamira], <https://www.google.com.cu>.
- Labrada, A. (2008). *Modelo de Diseño Organizacional para el Complejo de Investigaciones de Tecnologías Integradas* [Tesis para optar el título de Máster en Ciencias]. Universidad Tecnológica de La Habana, CUADE, Facultad de Ingeniería Industrial, La Habana, Cuba.
- Macías, Y. (2017). *Sequía afecta de manera severa a Camagüey.* Agencia Cubana de Noticias (ACN), Redacción Adelante, La Habana, Cuba, ISSN: 1681-9934.
- Macías, Y. (2018). *Embalses camagüeyanos con casi el 80 por ciento de su capacidad.* Agencia Cubana de Noticias (ACN), Redacción Adelante, La Habana, Cuba, ISSN: 1681-9934.
- MINAG-Cuba. (1997). *Reglamento para la Organización, Operación y Mantenimiento de los Sistemas de Riego,*

- Drenaje y Abasto de Agua (Capítulo X de la máquina de riego de pivote central eléctrica).* Ministerio de la Agricultura. (MINAG), Resolución conjunta No. 01. Ministerio de la Agricultura , La Habana, Cuba.
- NC ISO 11545. (2012). “*Máquinas agrícolas para el riego Pivotes Centrales y Máquinas de Avance Frontal equipadas con boquillas difusoras o aspersores* (p. Vig.2012). Oficina Nacional de Normalización (NC), La Habana, Cuba.
- Rodríguez, C., Bonet, P., Guerrero, P., & Mola, B. (2018). Propuesta de estrategia de extensión de buenas prácticas de riego en una unidad productiva agrícola.
- Ingeniería Agrícola, 8(2), 35-40, ISSN-2306-1545, e-ISSN-2227-8761.
- Rodríguez, C. D. (2023). *Modelo de gestión integral del riego en sistemas con máquinas de pivote central eléctrico en el cultivo del frijol en suelos fersialítico pardo rojizo* [Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias)]. Universidad de Ciego de Ávila.
- Uribe, H., Lagos, L., & Holzaphel, E. (2001). *Pivote Central, Comisión Nacional de Riego, Corporación de Fomento de la Producción. Chile,[en línea]* 2001.

Dania Rodríguez-Correa. Dr.C., Inv., Ministerio de la Agricultura, filial IAgriC, Camagüey, Cuba. Teléfono: (53) 32 291926, 32 218910.
Camilo Bonet-Pérez. Dr.C., Inv. Ministerio de la Agricultura, filial IAgriC, Camagüey. Teléfono: (53) 32 291926, 32 274120. E-mail: esp.ext.iagric@dlg.cmg.minag.gob.cu camilobp51@gmail.com.

Bárbara Mola-Fines. MSc., Inv., Ministerio de la Agricultura, filial IAgriC, Camagüey. (53) 32 291926, 32 296415. E-mail: esp.ext.iagric@dlg.cmg.minag.gob.cu bararamola35@gmail.com.

Pedro A. Guerrero-Posada. MSc., Inv. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), filial Camagüey, Cuba. Teléfono: (53) 32 252305 32 291926. E-mail: esp.ext.iagric@dlg.cmg.minag.gob.cu.

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.