

Propuesta de metodología para la gestión eficiente del agua en zonas regables de Cuba

Rafael Miguel Pacheco Moya

E-MAIL: rpacheco@uo.edu.cu

Departamento de Ingeniería Hidráulica, Universidad de Oriente.

Pável Vargas Rodríguez

E-MAIL: pvargas@uo.edu.cu

Departamento de Ingeniería Hidráulica, Universidad de Oriente.

RESUMEN

La eficiencia de los sistemas de riego constituye un tema prioritario para la mayoría de los países del mundo y Cuba no está exenta de esta problemática. Uno de los problemas que afectan a las áreas bajo riego en la agricultura cubana es la baja eficiencia durante el manejo del agua, por esta razón, no es suficiente continuar implantando novedosas tecnologías en las instalaciones agrícolas, este esfuerzo debe complementarse con un nivel adecuado de utilización eficiente del agua y la energía, que garantice la conservación de estos importantes recursos. En este contexto, la presente propuesta metodológica pretende contribuir a mejorar la gestión eficiente del agua de riego en las Empresas Agropecuarias cubanas, mediante el empleo de herramientas y procedimientos basados en la investigación científica e innovación, utilizados a nivel internacional.

PALABRAS CLAVES: eficiencia, empresas agropecuarias cubanas, gestión eficiente del agua de riego, investigación científica e innovación, propuesta metodológica.

Proposal of a methodology for the efficient management of water in irrigable areas of Cuba

ABSTRACT

The efficiency of irrigation systems is a priority issue for most countries in the world and Cuba is not exempt from this problem. One of the problems that affects the areas under irrigation in Cuban agriculture is the low efficiency during water management, for this reason, it is not enough to continue implementing new technologies in agricultural facilities, this effort must be complemented with an adequate level of efficient use of water and energy, which guarantees the conservation of these important resources. In this context, this methodological proposal aims to contribute to improving the efficient management of irrigation water in Cuban Agricultural Companies, through the use of tools and procedures based on scientific research and innovation, used internationally.

KEYWORDS: efficiency, cuban agricultural companies, efficient management of irrigation water, scientific research and innovation, methodological proposal.

01 INTRODUCCIÓN

La adecuada gestión de los sistemas de riego se viene reconociendo cada día como un medio indispensable para conseguir el éxito de la agricultura de regadío. En los últimos años, ha habido un interés por estudiar los sistemas de riego existentes con el propósito de identificar qué mejoras se pueden aplicar en lo que respecta a su operación y mantenimiento. Los principios institucionales y técnicos que rigen la gestión de los sistemas de riego parten de una adecuada gestión del agua, lo cual permite elevar la productividad de la tierra y con ello asegurar una elevada producción tanto para el consumo directo de la población como para el comercio, favoreciendo así la producción de los excedentes económicos necesarios para elevar las economías.

Según Olmedo (2017), la mayoría de los sistemas de regadío del mundo están funcionando por debajo de su capacidad y no se ajustan a las necesidades de la agricultura actual. El bajo nivel de productividad del agua asociado a la gestión de estos sistemas conlleva menores oportunidades de utilizar eficazmente los recursos y obtener rendimientos económicos.

La disponibilidad de agua de riego es un factor que limita la producción creciente de alimentos, sobre todo en las zonas áridas y semiáridas, donde los recursos hídricos son escasos y, en gran medida, irán disminuyendo como consecuencia del cambio climático (Rodríguez 2003).

La eficiencia de riego implica aprovechar de la mejor manera posible el volumen de agua asignada para cada cultivo, aplicando la cantidad necesaria en el momento oportuno; con el propósito de obtener mayores ingresos en la producción agrícola; además, de lograr una sustentabilidad socialmente justa, económicamente rentable y ecológicamente amigable con el medio ambiente; para las generaciones futuras a nivel mundial (Olmedo 2017).

En Cuba los recursos hídricos disponibles anuales per cápita son limitados y están heterogéneamente distribuidos, siendo las provincias habaneras y las orientales, con excepción de Granma, las menos favorecidas. La media nacional de 1220 m³/hab./año sitúa al país en la categoría de países con elevada intensidad en la presión sobre sus recursos hídricos, con situación de escasez y donde el ritmo de utilización supera la renovación natural del recurso (Díaz 2018).

Mejorar los indicadores de sostenibilidad sobre el uso y manejo de los recursos hídricos en Cuba, será uno de los desafíos que tendrá que enfrentar el país en los próximos años a través de una mejor gestión de las aguas, sobre todo en los sistemas de riego donde los niveles de eficiencias alcanzados son bajos. Problemas como la baja eficiencia de conducción, distribución y aplicación del agua de riego, el uso de volúmenes de agua excesivos para el riego de cultivos, e ingresos insuficientes para operación y mantenimiento de los sistemas de riego, se presentan como algunos de los inconvenientes en la gestión deficiente del riego en el país.

La combinación de los factores naturales y antrópicos que inciden en los recursos hídricos de Cuba, así como el agravamiento de sus impactos como consecuencia del cambio climático, ponen de manifiesto que el agua es un indicador determinante en el modelo cubano de sostenibilidad, para garantizar su desarrollo, así como su seguridad ambiental y alimentaria, lo que sólo será posible mediante la gestión sostenible de sus recursos hídricos, sobre la base de la eficiencia, el ahorro y su protección (Díaz 2018).

El balance de agua en la agricultura constituye un indicador de peso en la economía cubana, en este contexto, se propone la siguiente metodología para la gestión eficiente del agua de riego en Empresas agropecuarias cubanas sobre la base de herramientas científicas empleadas a nivel

internacional que permiten optimizar los sistemas de riego actuales con el objetivo de aumentar la productividad por unidad de superficie, reduciendo al máximo el consumo de agua, lo cual va a contribuir a la soberanía alimentaria del país y a la sustitución de importaciones.

02 HERRAMIENTAS Y CONCEPTOS EN LOS QUE SE SUSTENTA LA METODOLOGÍA

La metodología que se propone para la gestión eficiente del agua de riego en zonas regables de Cuba, se fundamenta en un conjunto de instrumentos novedosos empleados a nivel internacional con el objetivo de aumentar la eficiencia y la productividad en los sistemas de riego. Estas herramientas son los indicadores de gestión y la comparación de los mismos mediante las técnicas de benchmarking. Además del empleo de técnicas de análisis de datos, como son: técnicas de Análisis de Envoltentes de Datos (DEA, por sus siglas en inglés), de análisis de componentes principales (ACP), de análisis de clúster (AC) y la obtención de un índice de calidad (ICGR), con el propósito de indagar en la calidad de la gestión de una zona regable para proponer medidas encaminadas a la mejora.

INDICADORES DE GESTIÓN

El Banco Mundial (WB, por sus siglas en inglés), con el objetivo de optimizar al máximo las inversiones realizadas en obras para la creación y mejora de regadíos, lideró una iniciativa para el desarrollo, junto con otras organizaciones internacionales relacionadas con el regadío como son: Programa Internacional para las investigaciones tecnológicas de Riego y Drenaje (IPTRID); Organización mundial para la Agricultura y la Alimentación (FAO); Instituto Internacional para el Manejo del Agua (IWMI) y Comisión Internacional de Riego y Drenaje (ICID). Dicha iniciativa se basó en crear un sistema de indicadores de gestión para la comparación de zonas regables de cualquier parte del mundo, sentando las bases para la aplicación de un proceso de benchmarking a las zonas regables. Este sistema de indicadores propuestos por el IPTRID y desarrollados por Malano y Burton (2001) es de aplicación universal y es válido para las zonas regables de todo el mundo pese a las diferencias que existen entre ellas, posibilitando optimizar el uso del agua.

Un indicador de gestión no es más que la expresión de una o más variables combinadas, disponibles en las áreas de riego, con el objetivo de describir las características principales de las zonas regables estudiadas. Las variables que forman los indicadores están referidas a los factores que intervienen en el proceso de producción agrícola, entre estas se encuentran la superficie regada, el volumen de agua aplicado e incluso aspectos financieros como el gasto en mantenimiento, gastos energéticos, gastos de personal, etc. (Rodríguez 2003).

A partir de la guía de Malano y Burton (2001) diversos investigadores han propuesto nuevos indicadores modificando los ya establecidos, con el propósito de perfeccionar y facilitar la interpretación de los resultados para la gestión del agua de riego en diferentes zonas regables del mundo; entre las cuales se pueden mencionar: las investigaciones realizadas en las comunidades de regantes de España y en los distritos de riego de México (Rodríguez 2003; Córcoles 2009; Abadía et al. 2010, Altamirano et al. 2017; Olmedo 2017). Los indicadores de gestión propuestos por (Malano et al. 2001) se dividen en cinco grupos:

1. Indicadores de rendimiento, relacionan la disponibilidad de agua y la superficie puesta en riego con las necesidades de los cultivos y la capacidad máxima de suministro de la red.
2. Indicadores financieros, relacionan los diferentes costos de la gestión en la empresa (de manejo del sistema, de personal y de mantenimiento) con la superficie puesta en riego, los volúmenes de agua aplicados y el número total de personas empleadas.

3. Indicadores de eficiencia de producción, los cuales estudian las relaciones entre el valor de la producción agrícola con la superficie puesta en riego, los volúmenes de agua aplicados y las necesidades de los cultivos.
4. Indicadores ambientales, estudian la calidad del agua de riego y los impactos ambientales.
5. Indicadores energéticos, relacionan el consumo energético con la superficie y el volumen de agua.

TÉCNICAS BENCHMARKING

El benchmarking, es una técnica para la búsqueda de las mejores prácticas, con el objetivo de mejorar los rendimientos de las organizaciones, mediante la experiencia obtenida del estudio de organizaciones similares o procesos equivalentes (Malano et al. 2004). Esta técnica hace uso de herramientas administrativas, estadísticas y de ingeniería para evaluar la gestión de una organización, comparando el desempeño de ésta con el de otra similar, considerada la mejor (Altamirano et al. 2017). Según los mismos autores, el benchmarking enfocado a los sistemas de riego permite llevar a cabo comparaciones simples mediante indicadores de gestión de las instancias encargadas del riego. Dicha comparación permitirá tanto corregir las deficiencias existentes como aprender de los puntos fuertes que posean cada una de las zonas regables.

TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS

Si se aplica al riego solo una evaluación comparativa a partir de los indicadores de gestión, el benchmarking puede proporcionar una imagen incompleta y tal evaluación puede ser difícil de interpretar, por lo tanto, se requieren de otras herramientas que incorporen análisis de diagnóstico para identificar aquellos factores que contribuyen de manera importante a mejorar los niveles de desempeño del servicio de riego.

Estas nuevas herramientas para el estudio de los indicadores de gestión se basan en varias técnicas de análisis de datos, como son las técnicas de Análisis de Envoltentes de Datos (DEA), de análisis de componentes principales (ACP), de análisis de clúster (AC) y la propuesta de un índice de calidad de la gestión del riego (ICGR) que se basa en las técnicas de análisis de componentes principales y de clúster.

03 PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN EFICIENTE DEL AGUA DE RIEGO EN ZONAS REGABLES DE CUBA.

La metodología que se propone consta de tres etapas de análisis (figura 1). Etapa 1: Identificación de eficiencia, Etapa 2: Caracterización y proceso de benchmarking y Etapa 3: Análisis y clasificación.

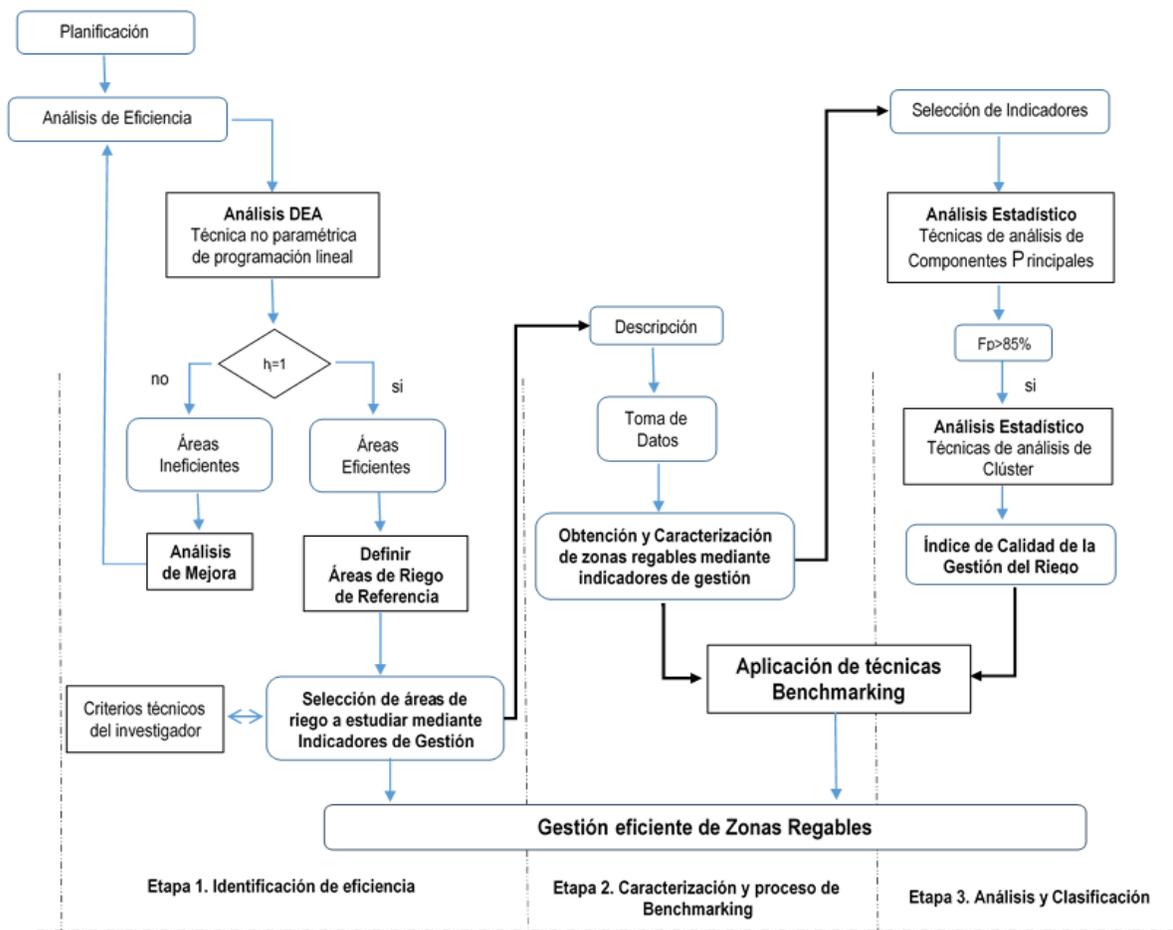


Figura 1. Propuesta de metodología para la gestión eficiente de zonas regables cubanas. (Elaboración propia)

ETAPA 1. IDENTIFICACIÓN DE EFICIENCIA.

Esta etapa tiene como objetivo identificar la eficiencia de las zonas de riego, lo cual será el primer paso para seleccionar de estas las que se analizarán a estudiar mediante indicadores de gestión y su comparación mediante técnicas de benchmarking. Es el punto de partida del análisis, encaminado a mejorar la calidad de la gestión del agua de riego y su relación con la productividad. El análisis de eficiencia se realiza aplicando las técnicas de Análisis de Envolventes de Datos (DEA) que utiliza un procedimiento no paramétrico basado en la programación lineal (Charnes et al. 1978).

El análisis de los regadíos mediante técnicas DEA permitirá conocer donde es más rentable la aplicación del agua, detectar ineficiencias locales, comparar zonas de riego de muy diversa índole (diferentes cultivos, clima, diferentes sistemas de riego o incluso diferente manejo), y conocer la eficiencia relativa de cada zona regable con respecto al resto. Dichas técnicas permiten además, saber cuál es la situación óptima de cada área de riego, indicando que factores son los que contribuyen a que una zona de riego sea eficiente o no y hacia donde se deben dirigir los esfuerzos en campañas futuras, indicando para cada caso cuales son las entradas (Inputs) que van a hacer que una zona puesta en regadío pierda eficiencia y en qué cantidad habría que reducirlos para que un área de riego llegue a ser eficiente.

La etapa se estructura en cuatro niveles: 1) Planificación, 2) Análisis de eficiencia, 3) Definición de áreas de referencia y Análisis de mejoras y 4) Selección de las áreas de riego a estudiar mediante indicadores de gestión y técnicas de benchmarking.

La planificación, consiste en establecer cuál es el propósito del estudio y qué resultados se pretenden obtener, además de realizar un diagnóstico de las zonas de riego que van a ser objeto de estudio para identificar si la empresa cuenta con toda la información necesaria para comenzar un estudio mediante indicadores de gestión. Una buena planificación va a ser clave para conseguir los resultados deseados en todo el proceso de gestión eficiente del agua de riego en zonas regables cubanas.

El análisis de eficiencia, consiste en aplicar un modelo DEA (modelo BCC con orientación a la entrada) para evaluar en qué zonas de riego la gestión del agua se realiza de una forma más eficiente al considerar el proceso de producción agrícola como un conjunto de entradas para obtener como beneficio un conjunto de salidas. En este análisis autores como Rodríguez (2003) y Olmedo (2017), consideran que una forma aproximada de caracterizar el proceso sería analizando tres variables de entrada (inputs): superficie regada (ha), costos de producción (millones de pesos) y volumen total para la superficie regada (millones de m³); así como una variable de salida (output) que es: el valor total de la producción (millones de pesos).

Aplicando las técnicas DEA se puede responder a las siguientes preguntas: ¿cuáles son las áreas de riego eficiente e ineficiente?, ¿cuáles son las áreas de riego de referencia? y ¿cuáles son las mejoras potenciales que deben realizar las áreas de riego menos eficientes para alcanzar la eficiencia?

La definición de áreas de referencia, consiste en definir cuáles son las áreas de riego de referencia a las que deberían tender las ineficientes. Una de las exigencias de las técnicas DEA es que las unidades a evaluar sean homogéneas. Para que el análisis pueda ser utilizado en identificar cuáles son las organizaciones que hacen una mejor utilización de sus recursos es necesario eliminar el efecto, de que factores externos puedan causar en el nivel de eficiencia que cada organización consiga (Goñi, 1998 referenciado por Olmedo 2017). Una forma de identificar el factor o el conjunto de factores externos que pueden afectar los niveles de eficiencia alcanzados, es estableciendo grupos de organizaciones homogéneas que permitan servir como marco de referencia para establecer la frontera eficiente. La idea de emplear diversos grupos para evaluar la eficiencia se debe a que, cuando es mayor el número de unidades analizadas menor es la homogeneidad dentro de la misma. Para intentar estudiar si dos grupos presentan diferencias significativas, desde un punto de vista estadístico, se usa el test desarrollado por Wilcoxon- Mann- Whitney. Por otro lado, en las técnicas DEA el número de Peers Decision Making Units; indica el número de áreas de riego eficientes que forman parte del conjunto de referencia de las áreas de riego ineficientes.

El análisis de mejoras, consiste en indicar cuánto y en qué factores un área ineficiente debe mejorar para alcanzar la máxima eficiencia. Esta información permite establecer objetivos que podrían guiar la mejora del desempeño de las áreas menos eficientes. Las mejoras potenciales nos muestran el valor observado, el valor objetivo y el porcentaje de cada variable Input/Output para cada campaña agrícola analizada.

En este nivel se está en condiciones de definir los valores de holguras. El análisis de holguras en las variables consideradas del modelo DEA, indica la orientación en que deberán de corregirse los niveles de eficiencia de las áreas de riego establecidas en el estudio. Un valor de holgura input

significa las disminuciones necesarias de los propios inputs para transformar un área de riego en eficiente; es decir, las áreas de riego que alcanzaron un valor $\theta_0 = 1$ y sus holguras son cero, se consideran como eficientes.

La selección de áreas de riego, consiste en elegir de todas las áreas de riego estudiadas las más representativas e interesantes para ser caracterizadas mediante indicadores de gestión. Para la selección se aplicará el criterio técnico del investigador teniendo en cuenta la variabilidad de los distintos parámetros que se encuentran en los sistemas de riego de la zona objeto de estudio, además de la disponibilidad de los datos necesarios para la caracterización.

ETAPA 2. CARACTERIZACIÓN Y PROCESO DE BENCHMARKING

Esta etapa tiene como objetivo caracterizar las zonas de riego mediante indicadores de gestión y la posterior comparación de los mismos mediante técnicas de benchmarking para detectar los problemas existentes en las zonas regables, además de dar soluciones para la mejora, basada en comparaciones con otras zonas.

Para la caracterización se propone emplear los indicadores de gestión desarrollados por el IPTRID, los cuales tratan los principales aspectos de la gestión de una zona regable y son de aplicación universal. La etapa se estructura en tres niveles que son: 1) Descripción de las áreas de riego seleccionadas, 2) Toma de datos, 3) Obtención y caracterización de zonas regables mediante indicadores de gestión.

La descripción de las áreas de riego, consiste en aplicar unas series de indicadores descriptores para detallar el entorno de las zonas de riego y la infraestructura de riego existente, con el fin de conocer qué áreas serían las adecuadas para ser comparadas entre sí, a pesar de que posean condiciones similares o diferentes, además de ayudar en la determinación de las relaciones causa-efecto que han llevado a una zona de riego a una buena o mala gestión. Como segundo momento en este nivel se deben definir dentro del conjunto de indicadores de gestión del IPTRID los que mejor puedan sintetizar toda la información de las zonas en estudio o modificar levemente algunos de ellos para que se adapten a la realidad de la zona en estudio.

La toma de datos, es uno de los niveles importantes dentro de la metodología. Consiste en recopilar todos los datos necesarios para la obtención de las variables, las que combinadas entre sí, van a formar los indicadores de gestión que serán la base del proceso de benchmarking. Los datos a obtener para el cálculo de los indicadores de gestión se clasifican en los grupos siguientes: datos relacionados con la infraestructura en la zona regable, datos de productividad, datos climáticos, datos financieros, datos ambientales y datos energéticos.

La obtención y caracterización de una zona regable mediante indicadores de gestión, permite determinar las relaciones causa-efecto que ha llevado a un área de riego a una buena o mala gestión, además de realizar recomendaciones para la modernización y mejora del suministro del agua de riego, al permitir conocer cuáles son sus puntos fuertes y en cuales sería necesaria una actuación.

El siguiente paso dentro del proceso de caracterización de una zona regable mediante indicadores de gestión es la aplicación de las técnicas de benchmarking, la cual va a permitir comparar los indicadores anteriormente calculados, de cada una de las áreas de riego con los del resto y con los de ella misma, analizando su serie histórica para determinar qué prácticas han sido las que han llevado a una zona a su mejor gestión. El principal objetivo de la aplicación de las técnicas de benchmarking al estudio de las zonas regables va a ser la de mejorar la gestión de una zona regable

por medio de comparaciones de su situación actual con la de otras zonas de riego. Dicha comparación nos permitirá tanto corregir las deficiencias existentes como el aprender de los puntos fuertes que posean cada una de las zonas regables.

ETAPA 3. ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN.

Esta etapa tiene como objetivo seleccionar los indicadores con más influencia en la caracterización de una zona de riego y los que explican la mayor parte de la variabilidad de unas zonas con otras. Además, de crear grupos estadísticamente homogéneos con las áreas de riego según sus principales características, estableciendo el área “modelo” de cada una de ellas, lo cual va a permitir describir los problemas que se encontrarían en su gestión y las posibles líneas de actuación encaminadas a la mejora.

Para la selección de los indicadores con más influencia en la caracterización de un área de riego se empleará la estadística multivariante, mediante el uso de las técnicas de análisis de componentes principales (ACP), y para la confección de grupos estadísticamente homogéneos se empleará las técnicas de análisis de clúster (AC).

Estos análisis permitirán el desarrollo de un sistema capaz de indicar a cada zona de riego, cuál debería ser su situación objetivo, basándose en sus indicadores de gestión y su comparación con las demás zonas de su entorno, ofreciendo algunas líneas de mejora en la gestión de la misma. La etapa se estructura en tres niveles que son: 1) Selección de indicadores, 2) Análisis estadístico mediante clúster, y 3) Obtención de un índice de calidad de la gestión del riego.

La selección de indicadores, consiste primeramente en aplicar la técnica multivariante de ACP y tiene como objetivo seleccionar los indicadores de gestión más representativos para clasificar una zona de riego y diferenciarla del resto, mostrando los aspectos más peculiares de su gestión. El uso de esta técnica permite, mediante un cambio en el sistema de coordenadas empleado conocer cuáles son los factores que más contribuyen a la varianza existente en la muestra, y, consecuentemente, qué indicadores son los que mejor explican el comportamiento existente entre unas zonas y otras. Por otro lado, permite disminuir el número de variables consideradas, sin sufrir una gran pérdida de la varianza de la muestra.

Como criterio de selección para el análisis de clúster se deben seleccionar los factores principales que representen más del 85 % de la varianza (Rodríguez 2003). Esto permitirá disminuir el número de indicadores iniciales sin perder varianza en la muestra de datos y se podrá conocer que indicadores han sido los de mayor influencia en la formación de cada uno de los factores. El que sea posible aplicar una reducción tan grande en el número de indicadores se debe a que la muestra inicial estaba altamente correlacionada.

Del conjunto de indicadores del IPTRID, no se deben considerar en este análisis los que representan valores totalizados, como son los volúmenes totales de agua aplicada y el valor total de la producción agrícola, debido a que el efecto de escala podría distorsionar los resultados al no representar valores relativos (Rodríguez 2003).

El análisis de clúster permitirá clasificar las zonas de riego según sus principales características. El AC es un método estadístico multivariante de clasificación automática de datos. Este tipo de análisis, trata de clasificar una serie de individuos en grupos homogéneos o clúster, de forma que los individuos que puedan ser considerados similares pertenezcan a un mismo clúster y los diferentes se localicen en clúster distintos.

La agrupación de áreas de riego mediante el AC permitirá, establecer las bases para la creación de un sistema que permita clasificar automáticamente dichas áreas según sus principales características. Esta clasificación estadísticamente correcta permitirá identificar los problemas, puntos fuertes y posibles líneas de actuación encaminada a la mejora de las áreas de riego que se van a establecer como “modelo”.

La obtención de un índice de calidad de la gestión del riego (ICGR) propuesto por Rodríguez (2003) se determina con el objetivo de clasificar de una manera global, la calidad en la gestión de una zona regable y con el de organizar el análisis de los indicadores de gestión, determinando los aspectos en los que una zona de riego debería mejorar, mediante el estudio de las clasificaciones obtenidas en cada uno de los subapartados del índice.

El ICGR se basa en los factores principales determinados en el ACP. A partir de conocer los indicadores más representativos, se le asigna un determinado peso según la varianza y según su contribución a la creación del factor. El mismo va estar constituido por cuatro niveles que coinciden con los primeros cuatro factores principales obtenidos en el ACP. Mediante el mismo, se pasa de un espacio de 4 dimensiones (4 factores principales) a una sola dimensión, en la que queda sintetizada toda la información y permite realizar una interpretación mucho más práctica, rápida y sencilla.

Las técnicas de AC están directamente relacionadas con la interpretación del índice, al haberse identificado cada uno de los clúster con un determinado intervalo del valor del ICGR. Al estar basado en los valores de los indicadores de gestión, el ICGR no presenta un valor máximo ni un valor mínimo, siempre va a depender de las características de las zonas estudiadas. La interpretación del mismo no es una tarea sencilla, pudiéndose extraer conclusiones tanto del valor del índice, como de cada uno de los niveles que lo componen y, por último, de cada una de las variables que lo forman.

El ICGR permite sistematizar las comparaciones entre áreas de riego y ofrecer algunas pautas sobre cómo mejorar los rendimientos de cada una de las áreas según su comparación con el resto. Al tratarse de un proceso de benchmarking en el que la información a obtener proviene de comparaciones de unas zonas con otras, más que el propio valor del ICGR, interesa estudiar la posición relativa o ranking que obtiene cada una de las zonas de riego a estudiar, en comparación con el resto. Por lo tanto, el ICGR constituye una herramienta de ayuda al experto para una correcta toma de decisiones en la gestión eficiente del agua de riego en zonas regables.

05 CONCLUSIONES

Para las condiciones actuales de Cuba donde la producción de alimentos es una cuestión de seguridad nacional, es imprescindible la creación de metodologías para la gestión eficiente del agua de riego en Empresas Agropecuarias que tenga en cuenta los adelantos de la ciencia como expresa la máxima dirección del país, con el objetivo de determinar donde el agua es más productiva para el aumento de la producción, además de detectar qué zonas presentan un mayor potencial de crecimiento con vistas a posibles actuaciones gubernamentales.

La presente propuesta de metodología pretende contribuir a la gestión eficiente del agua de riego en zonas regables del país a partir del empleo de herramientas y procedimientos basados en la investigación científica e innovación.

Los indicadores de gestión, las técnicas benchmarking y las técnicas de análisis de datos (ACP, AC y el ICGR) propician la toma de decisiones acertadas de cara a la modernización y el incremento de la eficiencia en el uso racional y productivo del agua de riego según su comparación con las zonas de riego de su entorno y el análisis de su serie histórica.

06 REFERENCIAS

- Abadía R., Rocamora M. C., Córcoles J. I., Ruiz A., Martínez A. and Moreno M. A.** (2010). Comparative analysis of energy efficiency in water users associations. Spanish Journal of Agricultural Research, Vol. 8 nº 2, pp134-142. ISSN: 1695-971-X
- Altamirano A., Valdez J. B., Valdez C., Leòn J. I., Betancourt M., y Osuna T.** (2017). Clasificación y evaluación de los distritos de riego en México con base en indicadores de desempeño. Tecnología y ciencia del agua Vol. 8, No 4, pp 79-99. ISSN 0187-8336.
- Charnes A., Cooper W., and Rhodes E.** (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. European Journal of Operational Research, vol. 2, nº 6, pp. 429-444. ISSN: 0377-2217.
- Córcoles J.I.** (2009). La gestión del agua y la energía en el regadío mediante técnicas de “Benchmarking”. Tesis en opción al título de doctor en ciencias. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad de Castilla-La Mancha, Albacete, España.
- Díaz J.** (2018). “El agua en Cuba: Un desafío a la sostenibilidad”. Revista de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Volumen XXXIX, No. 2, p. 46-59. La Habana, Cuba. ISSN 1815–591X.
- Malano H. and Burton M.** (2001). “Guidelines for benchmarking performance in the irrigation and drainage sector”. International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage. FAO, Rome, Italy. ISBN: 92-5-104618-2.
- Malano H., Burton M. and Makin I.** (2004). Benchmarking performance in the irrigation and drainage sector: a tool for change. Irrig. Drain. 53: 119-133. ISSN: 1531-0361.
- Olmedo V. M.** (2017). “Determinación de indicadores de gestión en los módulos del distrito de riego No. 041 río Yaqui (Sonora México)”, Tesis doctoral. Departamento de Agronomía, Universidad de Córdoba, España.
- Rodríguez J.** (2003). Estudio de la gestión del agua de riego y aplicación de las técnicas Benchmarking a las zonas regables de Andalucía. Tesis en opción al título de doctor en ciencias. Departamento de Agronomía, Universidad de Córdoba, España.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Rafael Miguel Pacheco Moya

<https://orcid.org/0000-0001-7053-3791>

Realizó contribuciones al diseño de la investigación, confeccionó el esquema con la propuesta metodológica, realizó la revisión y redacción del informe final.

Pavel Vargas Rodríguez

<https://orcid.org/0000-0003-3316-0898>

Realizó contribuciones al diseño de la investigación, a la propuesta metodológica, a la revisión y redacción del informe final.