

SISTEMAS DE IRRIGACIÓN POR BOMBEO PARA CULTIVOS DE DURAZNO EN EL MUNICIPIO DE SOTAQUIRA DEPARTAMENTO DE BOYACA

PUMP IRRIGATION SYSTEMS FOR PEACH CROPS IN THE MUNICIPALITY OF SOTAQUIRA DEPARTMENT OF BOYACA

SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR BOMBA PARA CULTIVOS DE PÊSSEGO NO MUNICÍPIO DE SOTAQUIRA DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

Ángela González Amarillo

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería (ECBTI), Grupo de investigación: GIDESTEC, UNAD-Tunja, Boyacá, Colombia. angela.gonzalez@unad.edu.co

Adriana Granados Comba

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería (ECBTI), Grupo de investigación: GIDESTEC, UNAD-Tunja, Boyacá, Colombia. adriana.granados@unad.edu.co

Rafael Ramírez Alvarado

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería (ECBTI), grupo de investigación GIEPRONAL, UNAD-Bogotá, rafaela.ramirez@unad.edu.co

Edwin Rúa Ramírez

Facultad de Ingeniería Mecánica, Grupo de investigación: GIDINT, USTA-Tunja, edwin.rua@usantoto.edu.co,

Alfonso Higuera Pérez

Facultad de Ingeniería Mecánica, Grupo de investigación: GIDINT, USTA-Tunja, luis.higuera@usantoto.edu.co

Fecha de Recepción: 3 de mayo de 2020

Fecha de aprobación: 28 de junio de 2020

Resumen

El presente estudio se desarrolló con el fin de identificar el estado actual tecnológico de los sistemas de riego para cultivos de durazno del municipio de Sotaquirá departamento de Boyacá, que permitan definir los principales aspectos potencializadores y limitantes para la implementación de sistemas de transporte y bombeo para riego accionados por energía solar fotovoltaica. Para este fin se aplicó una herramienta tipo encuesta con una muestra de 30 productores que generan una representatividad del 95% y un margen de error del 5% sobre el total de productores del municipio. La validación del instrumento se realizó mediante panel de expertos y encuesta piloto. Los resultados obtenidos permitieron definir que el 30% de productores cuentan con sistema de riego, como situación crítica se identificó que ningún sistema productivo cuenta con riego automatizado y el tipo de riego principal es el denominado por manguera. La totalidad de productores que cuentan con sistema de riego emplean fuentes convencionales de energía en el proceso de bombeo, el 60% emplean gasolina y el 40% DIESEL. De acuerdo a las cifras identificadas se corrobora el rezago tecnológico en los sistemas de bombeo, en especial en el uso de fuentes alternativas de energía.

Palabras clave— Energía para la agricultura, energía alternativa, energía solar, árboles frutales.

Abstract

The present study was developed in order to identify the current technological state of peach crop irrigation systems in the municipality of

Sotaquirá, Boyacá department, which allows defining the main potentializing and limiting aspects for the implementation of transport and pumping systems for irrigation powered by photovoltaic solar energy. For this purpose, a survey tool was applied with a sample of 30 producers that generate a 95% representativeness and a margin of error of 5% over the total producers in the municipality. The validation of the instrument was carried out through an expert panel and pilot survey. The results obtained allowed to define that 30% of producers have an irrigation system, as a critical situation it was identified that no productive system has automated irrigation and the main type of irrigation is the one called by hose. All the producers that have an irrigation system use conventional sources of energy in the pumping process, 60% use gasoline and 40% DIESEL. According to the figures identified, the technological lag in pumping systems is corroborated, especially in the use of alternative energy sources.

Keywords— Energy for agriculture, alternative energy, solar energy, fruit trees.

Resumo

O presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de identificar o estado tecnológico atual dos sistemas de irrigação de pessegueiros do município de Sotaquirá, no departamento de Boyacá, que permitem definir os principais aspectos potencializadores e limitadores da implementação de sistemas de transporte e bombeamento para irrigação alimentada por energia solar fotovoltaica. Para tanto, foi

aplicada uma ferramenta de pesquisa com uma amostra de 30 produtores que geram uma representatividade de 95% e uma margem de erro de 5% sobre o total de produtores do município. A validação do instrumento foi realizada por meio de painel de especialistas e pesquisa piloto. Os resultados obtidos permitiram definir que 30% dos produtores possuem um sistema de irrigação; como situação crítica, identificou-se que nenhum sistema produtivo possui irrigação automática e o principal tipo de irrigação é chamado por mangueira. Todos os produtores que possuem um sistema de irrigação usam fontes convencionais de energia no processo de bombeamento, 60% usam gasolina e 40% da DIESEL. De acordo com os números identificados, o atraso tecnológico nos sistemas de bombeamento é corroborado, principalmente no uso de fontes alternativas de energia.

Palavras chave—Energia para agricultura, energía alternativa, energía sola, árboles frutíferas.

Introducción

La agricultura desempeña un papel trascendental en el desarrollo socioeconómico de los países, lo cual ha producido que las dinámicas que se desarrollan desde los procesos de producción hasta la comercialización deban plantear diferentes estrategias encaminadas a aumentar la competitividad. El departamento de Boyacá no es la excepción, no ha sido ajeno a ese comportamiento, ya que el cultivo de productos agrícolas es la actividad económica más representativa con un 55,9% [1], además es

el primero en la producción nacional de caducifolios, el cual cuenta con aproximadamente 3.000 ha plantadas de cultivos de frutales [2]. Por tal motivo, para aumentar la eficiencia y la productividad, para obtener mayores rendimientos, mejorar la calidad y para buscar un mejor posicionamiento en los mercados nacionales e internacionales, es necesario consolidar la incorporación de procesos de innovación tecnológica [3], que mejoren la asistencia técnica integral especializada y la extensión agropecuaria para una correcta transferencia de tecnología con enfoque en las necesidades regionales de la cadena productiva de frutales agroindustriales productivos del departamento.

La tendencia del mercado se ve proyectada a un mercadeo de productos con gran componente social y ambiental, por ello se busca el aprovechamiento de recursos teniendo en cuenta los criterios de sostenibilidad ambiental, social y económico [4]. Por tanto, indica Santos da Silva que es necesario buscar estrategias orientadas a impulsar el uso de la tecnología que permita la eficiencia en el uso de los recursos ambientales reduciendo el impacto sobre el agua, suelo y la biodiversidad, que garanticen una sostenibilidad ambiental en el largo plazo [5]. Los agricultores vienen adaptándose a las condiciones del cambio climático, en proporción con las variaciones de temperatura, clima y disponibilidad de agua.

Según la FAO, el 70% del agua potable del mundo es utilizada en la agricultura, por lo cual, tiene una demanda alta; sin embargo, por fenómenos naturales o ambientales como el efecto del sol y ambiente, la percolación

profunda, esta se mal gasta o desperdicia [6], [7]. Por lo que el uso en tecnología en los sistemas de riego se convierte en una necesidad, con el propósito de crear sistemas más eficientes en la producción agrícola y, al mismo tiempo, contribuir con el medio ambiente mediante el ahorro del agua y la energía y el uso de combustibles fósiles. [8]

Algunas de las dificultades más predominantes para la tecnificación del riego son: los altos costos de la implementación de la infraestructura de riego [9]; la baja validez de conducción y distribución debido a problemas de filtración, la alta escorrentía superficial, la excesiva parcelación de las tierras agrícolas, la baja eficiencia de la aplicación del agua, por desconocimiento de los métodos de riego eficientes, y por el alto requerimiento de agua por cultivo; la no existencia de una asociación, la poca asistencia técnica y la poca participación de los usuarios.

El objetivo de este estudio fue identificar el estado actual tecnológico del sistema productivo de cultivos de durazno del municipio de Sotaquirá departamento de Boyacá,

mediante la tipificación para la identificación de parámetros promisorios para el desarrollo de planes de transición energética de combustibles fósiles a energía renovable en este caso específico solar fotovoltaica.

Materiales y métodos

Esta investigación se desarrolla bajo el método cuantitativo de estudio, donde se obtiene información primaria por medio de la implementación una herramienta tipo encuesta a 30 productores de cultivos de duraznos localizados en el municipio de Sotaquirá en las veredas El cedro, Moral, Cortadera Chiquita, Rio de piedras y Bosiga sur del departamento de Boyacá, estas generan una representatividad del 95% y un margen de error del 5% sobre el total de productores del municipio, se desarrolla un análisis estadísticos multivariados La validación del instrumento se realizó mediante la implementación del alfa de Cronbach y panel de expertos, conto con un total de 99 parámetros distribuidos en 9 secciones como se cómo se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Descripción de las secciones de la herramienta tipo encuesta, empleada en la investigación.

SECCIÓN	DESCRIPCIÓN	NUMERO DE PARÁMETROS
PRIMERA	Información general del encuestador	4
SEGUNDA	Información general del productor	11
TERCERA	Características del sistema productivo	14
CUARTA	Grado de tecnificación del cultivo	26
QUINTA	Manejo agronómico del cultivo	13
SEXTA	Manejo poscosecha	7
SÉPTIMA	Comercialización	15
OCTAVA	Problemáticas identificadas	8
NOVENA	Observaciones	1
TOTAL PARÁMETROS DE LA HERRAMIENTA		99

Fuente: Autores.

ii-a. validación de la herramienta

Se emplea el alfa de Cronbach [10] sumado a validación por expertos para el proceso de validación de la herramienta tipo encuesta.

ii-b. análisis por componentes principales

Una vez establecidos los parámetros de estudio se determinaron los componentes principales definidos por las variables compuestas o sintéticas, con el fin de correlacionar los parámetros analizados con la varianza acumulada de los datos registrados en la herramienta codificada [11].

ii-c. análisis clúster

Mediante el análisis clúster de naturaleza jerárquica, se realizó la comparación o agrupación que permitió definir los diferentes

tipos de sistemas productivos [12], este procedimiento se desarrolló con el fin de crear tipos altamente homogéneos entre las unidades productivas analizadas y a su vez maximizar la heterogeneidad entre los tipos homogéneos definidos [11].

Desarrollo del trabajo

Validación de la herramienta

Para este documento trabajamos con las secciones primera a quinta de la herramienta tipo encuesta. Una vez validado y aplicado el procedimiento para determinación del alfa de Cronbach, en el cual se codificaron las variables, construyeron escalas para los parámetros cualitativos y ajustaron los rangos para los parámetros cuantitativos [11]. De esta forma se contó con un total de 32 parámetros que permitieron obtener un margen de

fiabilidad de la herramienta de 0,800 como se presenta en la tabla 2 lo que indica que la herramienta empleada tiene una buena fiabilidad [10].

Tabla 2. Estadísticas para alfa de Cronbach para el total de parámetros analizados

Alfa de Cronbach ,800		N de elementos 32		
Código asignado a la variable	Media de escala	Varianza de escala	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
SX	55,5667	122,668	-0,128	0,805
VER	54,8667	117,913	0,098	0,805
TIERR	55,8000	121,890	-0,082	0,802
ARC	55,1667	101,661	0,682	0,774
NAP	55,0333	112,654	0,211	0,803
DEP	55,7333	120,823	0,101	0,800
DES	55,7333	120,823	0,101	0,800
VDDC	54,9667	118,240	0,140	0,801
TDRV	55,2000	115,269	0,260	0,797
NCUC	55,6333	111,757	0,459	0,788
NJCC	54,6000	107,076	0,387	0,792
VJOR	53,4000	117,076	0,253	0,797
CTCU	55,5000	111,086	0,377	0,791
PDCU	54,9667	122,861	-0,181	0,804
FAST	54,8667	104,257	0,621	0,778
ST	54,9667	107,344	0,660	0,779
FADS	55,2333	107,289	0,729	0,778
FAFO	55,1667	101,385	0,747	0,771
TSRI	55,3667	113,206	0,663	0,787
SRSF	54,9000	122,024	-0,089	0,802
TSBO	54,3667	127,826	-0,390	0,817
AADR	55,0000	124,000	-0,302	0,806
FRAG	55,4333	113,357	0,354	0,793
PPAC	54,7333	104,064	0,492	0,785
RMEF	55,8000	122,303	-0,184	0,802
PEAC	54,5333	96,051	0,598	0,778
RPDC	54,8667	121,982	-0,105	0,802
RMMA	55,7000	120,976	0,065	0,801
PMAC	55,7000	118,424	0,405	0,796
EIDF	55,5667	121,633	-0,025	0,803
TDIF	55,6667	115,126	0,632	0,790
ECFR	55,5000	122,052	-0,065	0,804
TCFR	55,5333	115,775	0,352	0,794

Fuente: Autores.

Análisis por componentes principales

Seguidamente se estableció el análisis de varianza para determinar los promedios y desviaciones estándar para los 32 parámetros analizados, con los cuales se construyó la matriz de correlaciones, obteniendo que las interacciones de 10 componentes principales explican la varianza total en un 82,427% como

se presenta en la tabla 3, considerándose como un buen ajuste para el método empleado [11].

De forma adicional se obtuvo el gráfico de sedimentación presentado en la figura 1, en el cual se ratifican los componentes principales identificados en la figura 1.

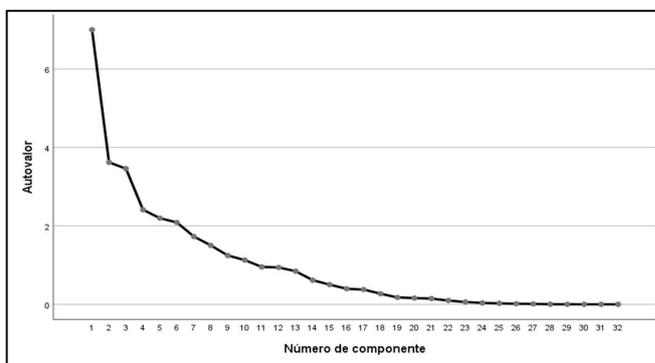


Fig. 1. Gráfico de sedimentación para la identificación de componentes principales.

Fuente: Autores.

Con el fin de identificar los parámetros que conforman cada uno de los 10 componentes principales identificados para los sistemas productivos de durazno, se empleó el gráfico de componente en espacio rotado como se presenta en la figura 2. el Gráfico de componente en espacio rotado.

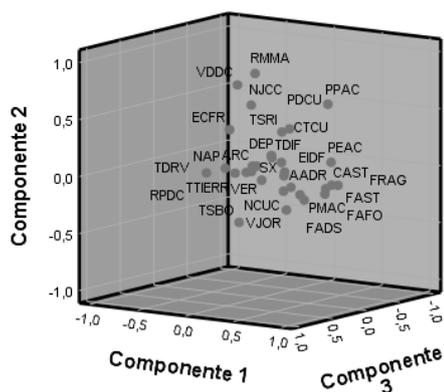


Fig. 2. Gráfico de componente en espacio rotado.

Fuente: Autores

De esta forma los componentes 1 al 10 está conformado por los parámetros presentados en la tabla 3.

Tabla 3. Parámetros que conforman los componentes principales 1 a 4.

COMPONENTE	CODIGO PARAME- TRO	DESCRIPCION PARAMETRO
COMPONENTE 1	CAST	Tipo de asistencia técnica recibida
	FAFO	Frecuencia de los análisis foliares
	FAST	Frecuencia de la asistencia técnica
	PEAC	Principales enfermedades del cultivo
	FADS	Frecuencia de los análisis de suelos
	FRAG	Frecuencia de los análisis de aguas
COMPONENTE 2	PPAC	Principales plagas que afectan el cultivo
	TSRI	Tipo de sistema de riego
	RMMA	Tipo de manejo de malezas
	VDDC	Variedad de durazno cultivada
	NJCC	Número de jornales por ciclo
	TSBO	Movilidad del sistema de bombeo
COMPONENTE 3	TDRV	Tipo de reservorio
	NAP	Número de árboles plantados
	PDCU	Planificación y diseño del cultivo
	ARC	Área del cultivo
COMPONENTE 4	DES	Distancia entre surcos
	DEP	Distancia entre plantas
	PMAC	Principales malezas que afectan el cultivo
COMPONENTE 5	CTCU	Costos totales del cultivo
	AADR	Disponibilidad de distrito de riego
	NCUC	Número de canastillas de la última cosecha
COMPONENTE 6	TCFR	Compensadores de frío empleados
	TDIF	Inductores florales empleados
COMPONENTE 7	VER	Vereda
	SX	Sexo
COMPONENTE 8	RPDC	Realiza programación de cosecha
	ECFR	Emplea compensadores de frío
COMPONENTE 9	EIDF	Emplea inductores de floración
	VJOR	Valor del jornal
COMPONENTE 10	TTIERR	Tenencia tierra
	RMEF	Realiza manejo de enfermedades

Fuente: Autores.

Resultados

iv-a. análisis clúster

El grado de similitud entre los sistemas productivos, se determinó empleando el protocolo preestablecido en el sistema estadístico SPSS mediante la aplicación del concepto de distancia euclidiana de acuerdo con el método de Ward [10], este método indica que a menor distancia entre los sistemas productivos existirá una mayor similitud y de esa

forma podrán ser clasificados en un mismo grupo.

Mediante el dendrograma presentado en la figura 3, se identificaron seis grupos o dominios para los sistemas productivos analizados los cuales se encuentran codificados con letras y números, la primera letra indica el municipio (Sotaquirá: S), la segunda y tercera letra indican la vereda (EC: El cedro, M: Moral, CC: Cortadera Chiquita, BS: Bosiga sur y RP: Rio de piedra, el número hace referencia al consecutivo de la encuesta para la vereda.

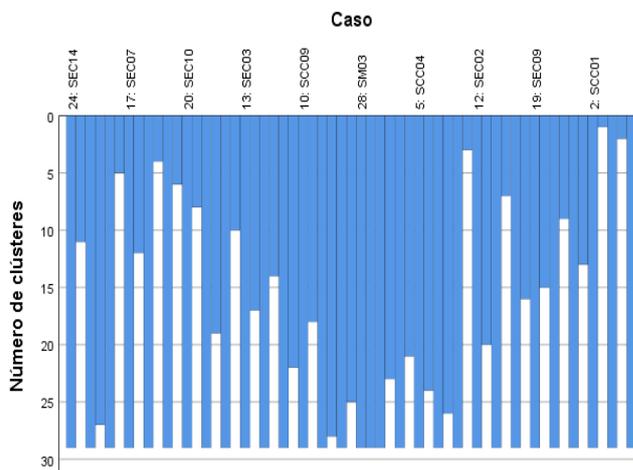


Fig 3. Dendrograma con enlace de Ward para las combinaciones de clústeres de distancia re-escalada.

Fuente: Autores.

iv-b. descripción de los grupos formados

Para la descripción de los grupos formados mediante el análisis clúster, se tuvieron en cuenta las variables semejantes y disimiles de los grupos, es importante mencionar que las agrupaciones que se presentan en este documento no han sido ajustadas con el proceso de observación en campo de las condiciones de los sistemas productivos [10],

proceso que se desarrollará en fases posteriores del proyecto.

Sistemas productivos tipo 3

Conformado por 4 sistemas productivos: SEC05, SEC10, SCC03 y SCC05; esta clasificación representa al 13.3% de los sistemas productivos evaluados, el 75% cuenta con análisis topográfico de su cultivo y asistencia técnica, pero no cuenta con planos, ni con reservorio de agua y no cuenta con sistema de riego; el 5

% de los productores realiza análisis de suelos en sus cultivos.

Sistemas productivos tipo 4

Conformado por 5 sistemas productivos: SEC06, SEC07, SEC11, SEC13 y SEC14. Esta clasificación corresponde al 16.7% de los sistemas productivos evaluados y el 100% de las unidades productivas están ubicadas en la vereda el Cedro. El 80% de los productores afirman que cuentan con reservorio de agua y que no cuenta con acceso a un distrito de riego, el 40% utiliza sistema de riego, realiza análisis topográfico y de suelos, cuenta con planos de su cultivo y asistencia técnica; el mismo porcentaje recibe asistencia técnica, el 20% la recibe de carácter público y el 20% restante de carácter privado y trimestral, el 99% no cuenta con un sistema de riego automatizado.

Sistemas productivos tipo 5

Conformado por 7 sistemas productivos: SEC01, SEC02, SEC08, SEC09, SM01, SCC01 y SRP01. Esta clasificación representa al 23.3% de los sistemas productivos evaluados y el 57,14% de las unidades productivas están ubicadas en la vereda El Cedro.

El 100% de los productores afirman que su unidad productiva es de tenencia propia, el 28,6% de los productores del grupo cuentan con reservorio de agua, análisis topográfico y planos o diseño de su cultivo. El 71,4% afirma que cuenta con asistencia técnica, el 14,2% la recibe de manera mensual, el 28,6% trimestral y el mismo porcentaje de manera anual; El 100% afirma que la asistencia técnica recibida es de

carácter privado. El 14,2 % de las unidades productivas cuentan con sistema de riego propio, el 20% de los productores que utilizan riego emplean fuentes alternativas de energía y 20% emplean riego utilizan fuentes convencionales de energía derivadas del petróleo como el aceite combustible para motores y la gasolina.

Sistemas productivos tipo 6

Conformado por 2 sistemas productivos: SBS01 y SM02. Esta clasificación representa el 6.7% de los sistemas productivos evaluados. El 100% de los sistemas productivos cuentan con reservorio, realizan análisis de suelos, cuentan con asistencia técnica privada, cuentan con sistema de riego, El 50% cuenta con análisis topográfico del cultivo 100% no cuenta con planos o diseño de su cultivo y emplea combustibles fósiles para la activación del sistema de riego.

Discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos se evidenció que el avance tecnológico respecto al diagnóstico presentado por Miranda et al, (2013), no ha tenido un avance significativo. No obstante, se identificó que el 70% de los productores han implementado algún plan de mejora [1] como lo son la programación de cosechas mediado por el uso de inductores florales (56,7%), defoliantes (70%) y uso de compensadores de frío (56,7%) [7]. En cuanto a los sistemas de riego y drenaje se identificó que en el año 2013 el 56,3% de los productores contaban con sistemas de riego [5] siendo predominante el riego con manguera, mientras que para el año 2019 [8] tan solo el 30% de los productores contaban con sistemas de riego,

siendo predominante el riego por manguera. Esta situación es justificada en la medida que el 66,7% de los sistemas productivos de la región no cuentan con acceso a distritos de riego y solo el 30% cuentan con acceso a un reservorio de agua.

En relación a los manejos agronómicos en general se mantienen los insumos empleados con una tendencia en la racionalización y uso de compuestos específicos para manejo de plagas, enfermedades y malezas. Este tipo de estudios preliminares permitirán a futuro el desarrollo e implementación de herramientas para el diagnóstico como lo son la evaluación de los ciclos de vida energéticos de los cultivos (ELCA) [4], herramienta que será fundamental en los procesos de transición energética en los sistemas agrícolas a nivel mundial [10].

La ineficiencia en los métodos tradicionales en la agricultura de regadío, generan pérdidas económicas y de tiempo para los agricultores, además de los principales impactos negativos sobre el medio ambiente (contaminación de las masas de agua, sobreexplotación de acuíferos, salinización de las tierras de cultivo, entre otras.

En Boyacá se han realizado estrategias orientadas a impulsar el uso de la tecnología, para el mejoramiento del tratamiento del agua, para conservar la biodiversidad, mantener la sostenibilidad de los procesos agroindustriales, pero no obstante es todo un reto el cual se debe abordar, se deben promover proyectos que permitan la producción de sistemas amigables con el medio ambiente, además de establecer mecanismos para disminuir el impacto ambiental negativo por la actividad agrícola y tomar medidas para la adaptación al cambio

climático, teniendo en cuenta que se ha convertido en un tema determinante para la sostenibilidad del sector agrícola.

Conclusiones

El desarrollo particular que adquiere el departamento de Boyacá está robustamente fundamentado en la agricultura, por tanto, se evidencia la necesidad de creación de nuevas herramientas como son los sistemas de riego para el eficiente aprovechamiento del agua y el apoyo al mejoramiento del medio ambiente. Teniendo en cuenta que existen grandes problemáticas relacionadas con el agua como: la escasez, la falta de acceso, la baja calidad, la falta de conciencia del uso de recurso por parte de los usuarios, la poca asignación de recursos financieros y la segmentación en su administración.

Lo anterior constituye un enorme potencial cuando es manejado adecuadamente, ya que puede crear una demanda significativa de abastecimiento de alimentos, así mismo ofrecer una cantidad exponencial en las cosechas a precios competitivos en el mercado regional y nacional.

No obstante que en el mercado se encuentran sistemas que hacen uso de tecnología de punta, la adquisición de los mismos es difícil por el elevado costo económico que presentan, por esto se busca crear sistemas similares que disminuyan sustancialmente el costo para ofrecerlo a la comunidad. Con el pasar del tiempo, el manejo del agua se irá agravando, generando problemáticas en todos los campos, principalmente en el sector agrícola, por tal razón urge una solución eficiente para el uso racional del agua en la agricultura.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Santo Tomás seccional Tunja, a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia por el apoyo incondicional para el desarrollo de esta investigación y a cada uno de los productores participantes, que gentilmente brindaron información suficiente para el análisis y posterior interpretación de resultados.

Referencias

- [1] DANE - Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales. Consulta: septiembre de 2019.
- [2] Gobernación de Boyacá. Evaluaciones Agropecuarias, 2018
- [3] Departamento Nacional de Planeación DNP. (2007-a). Aprovechar las potencialidades del campo: Propuesta para discusión. Colombia: Imprenta Nacional de Colombia, ISBN 978-958-8340-09-8.
- [4] Vermillion, D. L., & Garces-Restrepo, C. (1994). Transfer of irrigation management to farmers in Colombia: Assessment of process and results. *Quarterly Journal of International Agriculture*, 33(4), 380-392. Retrieved from www.scopus.com
- [5] Santos Da Silva, S. R., Miralles-Wilhelm, F., Muñoz-Castillo, R., Clarke, L. E., Braun, C. J., Delgado, A., . . . McJeon, H. C. (2019). The paris pledges and the energy-water-land nexus in Latin America: Exploring implications of greenhouse gas emission reductions. *PLoS ONE*, 14(4) doi:10.1371/journal.pone.0215013
- [6] Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura - Fao, Afrontar la escasez de agua Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. 2013.
- [7] R. G. Allen, L. S. Pereira, D. Raes, and M. Smith, Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. 2006.
- [8] Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura - FAO, Afrontar la escasez de agua Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. 2013.
- [9] Ochoa, K., Carrillo, S., & Gutiérrez, L. (2014). Energy efficiency procedures for agricultural machinery used in onion cultivation (*Allium fistulosum*) as an alternative to reduce carbon emissions under the clean development mechanism at Aquitania (Colombia). Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, , 59(1) doi:10.1088/1757-899X/59/1/012008 Retrieved from www.scopus.com
- [10] Quero Virla, Milton (2010). Confiabilidad y coeficiente Alpha de Cronbach. ISSN: 1317-0570. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=993/99315569010>.
- [11] Miranda D.; Carranza C. (2013). Caracterización, clasificación y tipificación de los sistemas de producción de caducifolios: ciruelo,

duraznero, manzano y peral en zonas productoras de Colombia. En: Miranda, D.; Fischer, G.; Carranza, C. (eds). Los frutales caducifolios en Colombia: Situación actual, sistemas de cultivo y plan de desarrollo. Soc. Col. Cienc. Hort. p.87-114.

[12] Arenas-Bautista, M. C., Vélez-Sánchez, J. E., & Camacho-Tamayo, J. H. (2012). Evaluation of two drip irrigation systems in production and fruit quality of pear (*Pyrus communis* L.) cv. triunfo de viena. [Acta Agronómica, 61(1), 1-9. Retrieved from www.scopus.com