

**Evaluación técnico - administrativa de la aplicación de riego por goteo en
Caña de azúcar “*Saccharum officinarum*” en la hacienda Malimbú en la ciudad
de Palmira Valle del Cauca**

Héctor Fabio Caicedo Melo

Julián Antonio Cárdenas Pacheco

Raúl Ignacio Londoño Londoño

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del medio Ambiente ECAPMA

Agronomía

Palmira

2022

**Evaluación Técnico - Administrativa de la aplicación de Riego por Goteo en
Caña de Azúcar “*Saccharum officinarum*” en la hacienda Malimbú en la ciudad
de Palmira Valle del Cauca**

Héctor Fabio Caicedo Melo

Julián Antonio Cárdenas Pacheco

Raúl Ignacio Londoño Londoño

Trabajo de grado para optar el título de

Agrónomo

Directora

María Del Carmen Garcés MSc (C)

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuaria y del medio Ambiente ECAPMA

Agronomía

Palmira

2022

Dedicatoria

Héctor Fabio Caicedo Melo: Dedico especialmente a Oscar Iván, a mi esposa Mayerli e hijas Karol, Isabella y Hellen. **Raúl Ignacio Londoño Londoño:** Dedico a mi esposa Nórida, por su apoyo incondicional, a mis hijos Santiago y Luciana, por ser la razón de mi esfuerzo y superación. **Julián Antonio Cárdenas Pacheco:** A mis amados hijos y esposa, Son la razón de mi esfuerzo diario y la recompensa de mis clamores al cielo.

Todo es posible para quien cree.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Abierta y a distancia, por haber permitido el desarrollo moral e intelectual en todos sus escenarios de formación, permitiendo de este modo lograr esta meta de formación profesional, sin dejar de dar los más sinceros agradecimientos a todos los maestros quienes creyeron y aportaron lo más indispensable como es el conocimiento.

A la profesora María del Carmen Garcés García, por haber animado a continuar, ya que fue uno de los motores que permitieron lograr este objetivo, que con el pasar de los días, siempre dispuso de su tiempo, apoyo y consejos para lograr esta meta.

A la administración de la hacienda Malimbú, quienes son parte fundamental en el desarrollo de esta investigación, brindando su confianza y su conocimiento en el trato de información y el ingreso a sus predios.

Dedicamos esta tesis a nuestras familias, por su constancia y paciencia, quienes nos alentaron para proseguir y obtener este nuevo éxito en nuestras vidas; a nuestros amigos y compañeros de estudio quienes con su ayuda logramos escribir y concluir esta tesis.

Resumen

La idea central de este análisis es determinar la viabilidad de un sistema para la aplicación de riego en el cultivo de la caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), en la hacienda Malimbú, perteneciente a la empresa Compañía Agrícola Caucana S.A. En la ciudad de Palmira Valle del Cauca Colombia. En donde se establece mediante la comparación de dos (2) sistemas de riego, (riego por surco con tubería rígida con ventanas y riego presurizado por goteo) calculando la eficiencia de aplicación, eficiencia Administrativa, ahorro del agua aplicada, costos de aplicación y diferencia de producción de Toneladas de Caña por Hectárea (TCH). Teniendo en cuenta que este sistema de riego por goteo está instalado en 33 Hectáreas de las 773 que componen la hacienda Malimbú (4,26% de área total), con una financiación del 100% a un tiempo de 10 años por parte de la organización. Se debe recalcar que las nuevas tecnologías en la agricultura conllevan una serie de acciones encaminadas de manera general al mejoramiento de un aspecto específico. Para el estudio de estas tecnologías, se establece un área específica de 1,0 Ha. para cada tipo de riego con similares condiciones de terreno, textura, estructura, zafra y zona agroecológica para la evaluación y análisis de resultados.

Los resultados permitieron demostrar que el sistema de riego por goteo estudiado, es viable desde el punto de vista técnico, administrativo, económico y ambiental, superando expectativas, mediante el análisis de los datos obtenidos en campo, ya que reduce un 20% los costos de operación, aumenta la eficiencia de aplicación en un 26% en el riego por goteo, logrando un ahorro de agua del 28% por ciclo, mejorando las producciones en un 19,6% en temporadas de condición normales contribuyendo así a la protección del medio ambiente.

Palabras clave: TCH, riego, rendimiento, rentabilidad, caña de azúcar

Abstract

The main idea of this analysis is to determine the viability of a system for the application of irrigation in the sugar cane fields (*Sacharum officinarum*), in the Malimbú farm, belonging to the company Agrícola Caucana S.A. In the city of Palmira Valle del Cauca Colombia, where it is established by comparing two (2) irrigation systems (furrow irrigation with rigid pipe with windows and pressurized drip irrigation) calculating the application efficiency, Administrative efficiency, saving of applied water, application costs and difference production of Tons of Cane per Hectare TCH. Taking into account that this drip irrigation system is installed in 33 Hectares of the 773 that make up the Malimbú farm (4.26% of the total area), with 100% financing over a 10-year period by the organization. We must emphasize that new technologies in agriculture entail a series of actions generally aimed at improving a specific aspect. For the study of these technologies, a specific area of 1.0 Ha is established for each type of irrigation with similar terrain conditions, texture, structure, harvest and agro-ecological zone for the evaluation and analysis of results.

The results allowed us to conclude that the drip irrigation system studied is viable from a technical, administrative, economic and environmental point of view, exceeding expectations, through an analysis of the data obtained in the field, since it reduces costs by 20%. Operation, increases the application efficiency to 26% in drip irrigation, achieving a water saving of 28% per cycle, improving productions by 19,6% in dry seasons. thus contributing to the protection of the environment.

Keywords: TCH, irrigation, performance, profitability, sugar cane.

Tabla de contenido

Contenido	Pág.
Introducción.....	12
Formulación del problema.....	14
Justificación.....	15
Objetivos.....	17
Objetivo general.....	17
Objetivos específicos.....	17
Marco conceptual y teórico.....	18
Evolución de sistemas de riego en caña de azúcar.....	23
Términos de eficiencia y uniformidad.....	24
Sistema de riego por goteo.....	25
Componentes del sistema y descripción.....	27
Metodología.....	29
Metodología del objetivo específico 1.....	29
El riego afecta cada fase del cultivo.....	33
Estimación del uso adecuado del recurso hídrico en la aplicación de riego por goteo para la hacienda Malimbú.....	36
Evaluación de taponamiento de goteros auto-compensados.....	37
Sistema de riego por gravedad con tubería de ventanas.....	40
Evaluación técnica del riego con tubería de ventanas.....	40

Cálculo del rendimiento por hectárea del sistema de riego con tubería de ventanas.....	43
Eficiencia de aplicación.....	43
Interpretación de los costos económicos operativos de ambos sistemas.....	44
Metodología del objetivo específico 2.....	44
Costo del riego con tubería PVC 10” con ventanas.....	46
Costo del riego por goteo.....	47
Flujo neto de operación de ambos sistemas.....	48
Resultados y análisis.....	49
Conclusiones.....	55
Recomendaciones.....	56
Referencias.....	57
Anexos.....	60

Lista de tablas

Tabla	Págs.
Tabla 1. Evaluación de taponamiento de goteros Auto-compensados.....	38
Tabla 2. Coeficiente de uniformidad.....	39
Tabla 3. Conversión de caudal de emisores.....	39
Tabla 4. Evaluación técnica del riego con tubería de ventanas.....	40
Tabla 5. Evaluación por surcos en la tubería de ventanas.....	41
Tabla 6. Costo del riego con tubería de ventanas pvc 10”	46
Tabla 7. Costos de riego por goteo.....	47
Tabla 8. Resumen flujo neto de operación.....	48
Tabla 9. Ingresos, costos y utilidad por hectárea.....	52
Tabla 10. Comparativo de los costos operacionales.....	53
Tabla 11. Resultados.....	54

Lista de figuras

Figura	Págs.
Figura 1. Diagrama sistema de riego por goteo.	27
Figura 2. Estructura del sistema de riego.....	27
Figura 3. Esquema del área a evaluar.....	30
Figura 4. Cuadro de rangos de porcentaje de taponamiento.....	32
Figura 5. Fases del cultivo de caña de azúcar.....	33
Figura 6. Cilindros utilizados para toma de muestras de suelos.....	34
Figura 7. Instalación de riego por goteo en caña de azúcar.....	35
Figura 8. Herramienta para medir presión y caudal por surco.....	36
Figura 9. Riego por gravedad con tubería de ventanas.....	41
Figura 10. Evaluación por surcos tubería de ventanas.....	42
Figura 11. Flujo neto de operación.....	48
Figura 12. Costo operacional riego por goteo y ventanas.....	53
Figura 13. Grafica de resultados.....	54

Lista de anexos

Anexo	Pág.
Formato de evaluación de riego de gravedad	
Por tubería de ventanas.....	60
Informe de riego.....	61
Costo de instalación.....	62
Flujo neto de operaciones.....	64
Costos totales de levante.....	65

Introducción

Este trabajo está orientado al cuidado de los recursos, en el sostenimiento y mejoramiento de las producciones, el seguimiento y la adopción de tecnologías, el control de los recursos monetarios, logísticos, humanos, y el cumplimiento de las leyes, no es sólo adoptar tecnologías que constantemente están en transformación dentro de los entornos, ya que en innumerables ocasiones se observa como esas tecnologías no son aplicables en muchos de los procesos, debido a que también requieren una adaptabilidad dentro de sus mejoras.

Todos estos factores se han mencionado y tenido en cuenta, para realizar estas evaluaciones de este sistema de riego en una zona determinada, sin tratar simplemente de mostrar beneficios, sino también un sinnúmero de variables que conllevan a lograr el objetivo de implementación, de manera exitosa y duradera, ya que se debe contribuir con el conocimiento, al desarrollo de uno de los sectores más importantes para la comunidad que es el sector agrícola, de esta manera lograr la supervivencia en el área de los alimentos, no se trata de entregar unos datos de satisfacción sino también de contribución al conocimiento científico que conlleva un análisis de este tipo.

La zona del Corregimiento de Rozo, donde se encuentra ubicada esta investigación, es una de las más deficitarias con el recurso hídrico, con una gran dependencia del sector agrícola, con gran influencia económica en el cultivo de la caña de azúcar, ya que en esa zona se encuentran varios de los ingenios azucareros del país como son el ingenio providencia, el ingenio manuelita, el ingenio pichichi y muchos otros.

El cultivo de caña de azúcar por considerarse monocultivo de la región posee una demanda muy alta del recurso hídrico y la zona de Rozo por estar en una posición geográfica muy plana y con asentamientos demográficos altos de gran crecimiento poblacional, como es el

municipio de Palmira y el corregimiento de Rozo, muestra como la demanda de agua es cada vez mayor y adicional a esto con precipitaciones muy bajas.

El desarrollo socioeconómico está muy sujeto a empleos agropecuarios, con ingresos de un salario mínimo en el gran porcentaje de esta región, la principal actividad está sujeta al trabajo de campo en los cultivos de caña de azúcar, siendo esta una de las razones de proteger el sostenimiento productivo y rentable de este cultivo.

Una de las principales fuentes de agua de esta región la aporta los ríos, adicionalmente cuentan con pozos profundos que, por la legislación actual presente, no permite la construcción de nuevos pozos, como también las precipitaciones brindan un aporte adicional de este recurso en diferentes épocas del año las cuales no alcanzan a cubrir las necesidades de este cultivo.

Las tecnologías presentes en esta evaluación, son las más promisorias dentro de las limitantes que presenta la región y principalmente la hacienda Malimbú, por el cual es satisfactorio demostrar resultados que cumplan con los objetivos propuestos, hasta el grado de servir como referentes para el sector, en el manejo e implementación de estas tecnologías con las áreas y haciendas vecinales, ya que presentan limitaciones semejantes y resultados negativos de producción en bajas considerables, así que es satisfactorio como profesionales brindar información de calidad para la comunidad.

Formulación del problema

Un panorama más amplio se observa que en la Hacienda Malimbú, cuenta con 773 Hectáreas cultivadas en caña de azúcar, con un módulo de riego de 0,5 indicando así una deficiencia en el recurso hídrico, además posee pérdidas naturales poco manejables como es el drenaje y luego por evaporación de la superficie del suelo (debido a las altas temperaturas), y por la transpiración que realizan las plantas; esta evapotranspiración varía dependiendo de la temperatura, intensidad lumínica y edad de la plantación, datos que constituyen de gran importancia para el conocimiento de las necesidades hídricas del cultivo, que al final influyen en el aumento del número de riegos, que se reflejan en la producción y el incremento de los costos.

Por esta razón, el riego es una herramienta vital en el cultivo de la caña de azúcar y de la compañía, la cual busca el uso de un mayor nivel de tecnología, que permita garantizar un mejor control de algunos factores que afectan la producción y con ellos disminuir la cantidad de riegos, producto de las fluctuaciones de dichos factores teniendo en cuenta la selección y el manejo de las características de la zona y las condiciones económicas.

La problemática abordada, ofrece el inadecuado manejo del riego en el cultivo de caña de azúcar, representada en bajas producciones, altos costos y un impacto negativo medio ambientalmente hablando. Debido a la gran competencia que tiene el sector azucarero en el Valle del Cauca, ya que está rodeado de en su mayoría de estos cultivos, tanto de ingenios como de proveedores, en la cual el comprador encuentra gran variedad de precios y de todas las calidades que existen en el mercado, se hace necesario contar con estrategias y técnicas de riego, tendientes a la consecución de una producción de alta eficiencia, a un menor costo a través del uso de nuevas tecnologías, principalmente en la aplicación del riego a la plantación.

Justificación

Una de las razones por la cual se toma la decisión del desarrollo de esta tesis, es la demostración que con las tecnologías existentes, se pueden cubrir las necesidades específicas de un sector o deficiencias que se plantean en el entorno, en este caso en la hacienda Malimbú, ya que en este sitio en específico, se observan unas necesidades muy marcadas que están impactando fuertemente en la producción del cultivo de caña de azúcar, con la definición de las principales problemáticas que presentan los cultivos de extensión, son la utilización recurrente de los recursos sobre todo si se trata de recursos naturales como el agua.

Siendo este un recurso necesario en extremo, en algunos sectores del país como es la región del Valle de Cauca más exactamente en la zona de Rozo, que por sus condiciones agroclimáticas, presenta una reducciones considerables de producción y aumento de la utilización del recurso hídrico, acompañado de restricciones gubernamentales por parte de corporaciones en leyes muy estrictas y con multas millonarias por estas infracciones, todo este panorama conlleva a la necesidad de innovar e implementar acciones, que permitan la optimización de tecnologías para el uso del recurso hídrico, cabe añadir que este tipo de acciones, no es simplemente utilizar tecnologías que reduzcan el impacto productivo, también se debe estudiar el impacto económico ya que este tipo de innovaciones son mucho más costosas, como también debe estar acompañado de otro grupo de estudios, para poder ser muy asertivos en la toma de decisiones, que contribuyan al bienestar social, ambiental y productivo; como se observa son muchos los factores que se deben tener en cuenta para el estudio y análisis de un tipo de proyecto como es la “Evaluación Técnico Administrativa de la aplicación de riego por goteo en caña de azúcar *“Saccharum officinarum”* en la hacienda Malimbú en la ciudad de Palmira Valle Del Cauca.”

La búsqueda de nuevas tecnologías de riego eficiente se da debido a la disminución del caudal de las fuentes hídricas, que conlleva a generar restricciones legales actuales, expedidas por las corporaciones ambientales para la captación de aguas, la utilización excesiva de volúmenes de aplicación de agua para el cultivo de caña de azúcar, impactando en las bajas producciones y altos costos operacionales del riego, principalmente en las épocas secas del año. Una de las metodologías utilizadas para mitigar este caso en la hacienda Malimbú, es la implementación del riego por goteo, que aseguraría continuar con la sostenibilidad en la producción del cultivo de caña de azúcar (TCH).

El manejo eficiente del riego en caña de azúcar del Valle geográfico del río Cauca, constituye un aporte para la agricultura, puesto que propone acciones inmediatas a corto, mediano y largo plazo, con el objetivo de adaptar el riego a la variabilidad climática, que se presenta en los periodos prolongados de sequía, cuando se afecta la disponibilidad de agua en las fuentes, (Cruz, J. 2015).

Objetivos

Objetivo general

Determinar la eficiencia técnico administrativa en la aplicación del riego por goteo Vs. Riego por gravedad con tubería de ventanas en caña de azúcar “*Saccharum officinarum*” de la hacienda Malimbú.

Objetivos específicos

Estimar el uso adecuado del recurso hídrico en la aplicación del riego por goteo en caña de azúcar “*Saccharum officinarum*”.

Interpretar los costos económicos en la operación de riego por gravedad Vs. Sistema de Riego por Goteo.

Marco Conceptual y Teórico

De acuerdo a algunos autores coinciden en afirmar que el proceso productivo agrícola, el riego y la proporción de agua al cultivo supera el 40% de los recursos utilizados a nivel técnico, para lograr producciones económicamente viables, actualmente el recurso hídrico es más escaso y el acceso a fuentes de agua cada vez más limitado, el cambio climático ha traído consigo en buena medida un reto para los productores en la búsqueda de nuevas tecnologías que permitan un uso más eficiente de la misma.

La implementación de sistemas de riego por goteo juega un papel decisivo en ese mismo sentido, pues mejora significativamente las eficiencias del uso del recurso hídrico y el uso racional del recurso mejora.

Saccharum officinarum No es una excepción a la tendencia global en el mejoramiento del uso de sistemas de riego en explotaciones extensivas como se realiza en el Valle del Cauca, en Colombia, un cultivo que históricamente en la zona contribuye con la generación de más de 188.000 empleos directos e indirectos. Según Asocaña.

Debido a esta importancia económica y social, se debe buscar indefectiblemente que el cultivo genere interacciones benéficas en la medida de la búsqueda de sistemas productivos que permitan crecimiento tanto a nivel económico como técnico. Según cifras de la FAO las actividades agrícolas consumen el 93% del recurso hídrico disponible y extraído a nivel mundial.; cifras para el año 1995 que ya determinaban la búsqueda de un enfoque diferente para el mejoramiento de las condiciones a nivel mundial. *Saccharum officinarum* no es la excepción y en términos generales contribuye con la misma demanda de este recurso según cifras.

El sector exporta 518.000 toneladas de azúcar al año, representa el 3,7 % del PIB agrícola del país y el 38,1 % del PIB agrícola del Valle del Cauca. En el departamento hay 13 ingenios azucareros y seis de ellos tienen plantas de bioetanol. Asocaña (2020).

Históricamente la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) ha sido un cultivo que debido a la demanda de alimentos merece una atención especial, por su extensión en el Valle del Cauca y la ya descrita importancia social y económica en párrafos anteriores. Actualmente Asocaña reporta que en esta región hay 225.560 hectáreas sembradas en caña para azúcar, de las cuales, el 25% corresponde a tierras propias de los ingenios y el restante 75% a más de 2.750 cultivadores de caña. Dichos cultivadores abastecen a 13 ingenios de la región.

Entre tanto y dada la importancia de este cultivo a nivel regional y nacional, se han realizado diferentes estudios previos para la evaluación, implementación y tecnificación del riego en caña de azúcar y su evolución en el tiempo para optimizar tanto el uso de los recursos, como el aprovechamiento de los mismos por parte de la planta, cabe anotar que la caña de azúcar (*S. officinarum*) es una gramínea perteneciente a la familia más difundida de la naturaleza (*Poaceae*) por su distribución y difusión geográfica, así como también por su adaptación a diferentes regiones ubicadas en el trópico y sub-trópico de los diferentes continentes.

La caña de azúcar, *Saccharum officinarum* L., es una gramínea originaria de Nueva Guinea; se cultivó por primera vez en el Sureste Asiático y la India occidental. Alrededor de 327 A.C. era un cultivo importante en el subcontinente indio. Fue introducido en Egipto alrededor del 647 D.C. y alrededor de un siglo más tarde, a España (755 D.C.).

Según Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) desde entonces, el cultivo de la caña de azúcar se extendió a casi todas las regiones tropicales y sub-tropicales. En los viajes de Cristóbal Colón a América la trasladaron a las islas

del Caribe y de ahí pasó a la parte continental americana, particularmente a la zona tropical (Sagarpa, 2015).

En Colombia se estima que la caña de azúcar (*S. officinarum*) según Cenicaña llegó a Cali traída por Sebastián de Belalcázar (1540), quien la plantó en su estancia de Yumbo; de allí el cultivo se diseminó por la cuenca del río Cauca. Previamente, en 1538, Pedro de Heredia introdujo la caña a Colombia a través de la ciudad de Cartagena.

“Según Patiño, V. (2014) en su libro Esbozo Histórico sobre la Caña de Azúcar: “La caña vino a Colombia en el año 1538 a través del puerto de Cartagena y dos años después en 1540 entró por Buenaventura al valle geográfico del río Cauca, plantándose inicialmente en la margen izquierda del río Cauca, en Arroyohondo y Cañas Gordas, lugares muy cercanos a Cali, donde operaron sendos trapiches paneleros”. Según Patiño, la introducción en el resto del país se hizo a partir de María La baja en Bolívar; Valle de Apulo, Rio negro y Guaduas en Cundinamarca; Valle de Tensa en Boyacá y Vélez en Santander” Cenicaña (2015).

De acuerdo con este contexto histórico la caña de azúcar en Colombia (*S. officinarum*) ha tenido un papel trascendental en el establecimiento socio-cultural y económico desde hace cinco siglos, lo que la convierte quizás en uno de los cultivares mejor conocidos técnicamente, lastimosamente también tiene consecuencias en el arraigo de labores que tradicionalmente se realizan y que actualmente debido a lo anteriormente descrito necesariamente debe cambiar o bien mejorarse para garantizar la sostenibilidad de la explotación en el tiempo.

De acuerdo con Pérez, A *et al.* (2011) “Se hace evidente que la dinámica de uso del territorio, basado en el monocultivo cañero en el valle del río Cauca, genera una importante presión sobre el recurso hídrico, tanto en su función abastecedora como en la receptora, la cual se incrementará con las políticas de apoyo y promoción de agro combustibles”.

Hoy en día la difusión de los sistemas de riego tecnificados en el Valle del Cauca es aún incipiente debido a que las prácticas de riego en un porcentaje superior al 90% del área aun obedecen a formas técnicas de las cuales se ha demostrado una eficiencia menor al 70% como el riego con canales abiertos no revestidos y el riego por gravedad convencional, otros como el riego por aspersión presentan dificultades, pues la instalación no puede hacerse durante todo el ciclo del cultivo por la altura. Una alternativa a este sería la implementación de pivotes de desplazamiento lateral o central, pero los costos por ha superan los US\$3.000, aunque la depreciación es una ventaja comparada con otros sistemas de irrigación.

Según el Instituto nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (2014) Argentina en su documento “Los sistemas de riego por goteo y micro aspersión” las eficiencias se pueden llegar a incrementar por encima del 95% con la implementación de sistemas presurizados o cerrados como el goteo, si bien es cierto que el máximo teórico riñe con la práctica, este margen entre sistemas tradicionales y tecnificados básicamente justifica el costo de la inversión inicial que requiere el sistema.

De acuerdo con estos criterios, toda inversión requiere una evaluación tanto técnica como económica, y de acuerdo con este criterio el contexto de la investigación de implementación de sistemas de riego permite evidenciar que la técnica actual de riego riñe estructuralmente con los costos ocasionados por prácticas poco eficientes y no sostenibles en el tiempo Campo., A. et al. (2018) “El riego por goteo se caracteriza por la aplicación frecuente y controlada de agua y nutrientes en forma localizada, directamente en la zona radical de las plantas, gracias a lo cual es reconocido como el sistema más eficiente para elevar la productividad de los cultivos con menores gastos de agua y fertilizantes. En el valle del río Cauca se ha establecido el sistema de producción de caña de azúcar con riego por goteo en más de 4000 hectáreas y en la mayoría de

los sitios ha aumentado la productividad; en ambientes de piedemonte se han conseguido incrementos en producción hasta del 40%.”

Además de un uso eficiente del recurso hídrico una ventaja adicional de la implementación de estos sistemas es la posibilidad de proporcionar a la planta los nutrientes de manera más localizada y oportuna.

Enfocando un análisis en la oportunidad agronómica de la disposición de los recursos para la planta en la época adecuada, corrobora el planteamiento de los incrementos productivos. Según Campo. et al. (2018)

No obstante, se puede determinar con base en un análisis práctico como el que se pretende realizar esta variable (Productiva) y al mismo tiempo se puede evaluar el componente técnico-económico. Dado el aporte de ventajas que describe la implementación del sistema.

De las 243,000 hectáreas cultivadas con caña de azúcar en el valle del río Cauca actualmente se riegan por goteo más de 4500 hectáreas. El proceso de adopción del sistema por parte de los ingenios y los cultivadores, apenas incipiente, ha sido acelerado; esto se explica por la preocupación cada vez más grande ante la escasez del recurso hídrico y por las restricciones impuestas por la autoridad ambiental para el acceso a las fuentes de agua superficiales y subterráneas en los períodos de bajas precipitaciones, que pueden estar asociadas o no a la influencia del fenómeno de El Niño la explotación del cultivo está supeditada de manera inequívoca a esta práctica y su desarrollo adecuado, cualquier desabastecimiento de agua en épocas críticas del desarrollo del cultivo se refleja en las producciones y por tanto en la economía del productor cañero.

El cultivo de caña de azúcar en el valle del río Cauca más del 90% del área recibe aplicación de riego con impacto positivo en la producción y los rendimientos de azúcar, aun en

suelos con fertilidad variable en diferentes zonas. La presencia de inclusiones de suelos de textura gruesa con baja capacidad de retención de humedad en suelos de textura fina dificulta el manejo del riego por gravedad y su efectividad. En la zona de piedemonte, donde predominan los suelos estratificados poco profundos con altos contenidos de agregados gruesos se requiere un manejo diferencial del riego, por lo que es necesario conocer las relaciones que existen entre sus componentes como base del manejo racional del agua.

El riego contempla aspectos técnicos que deben ser conocidos ampliamente para evitar cometer errores al momento de recomendar o implementar modelos de riego consistentes en desarrollos tecnológicos, que como se ha venido tratando buscan impactar positivamente las producciones.

El agua en el suelo está sometida a fuerzas gravitacionales, capilares e higroscópicas que determinan su estado de movimiento o reposo. La distribución y la geometría de los espacios porosos, ocupados por aire y agua, dependen del tipo de partículas sólidas del suelo (textura) y de la forma de sus agregados (estructura). Los poros que se forman entre partículas semejan tubos capilares en donde el agua asciende y es retenida. La retención de humedad ocurre por la acción de fuerzas de tensión en los capilares del suelo; para absorber la solución nutritiva, las plantas deben hacer un esfuerzo mayor que aquel con la cual el suelo retiene la humedad.

(Campos, A. y Cruz, M. 2018).

Evolución de Sistemas de Riego en Caña de Azúcar

La utilización de tubería rígida con ventanas para riego por surcos se inició en el Valle del Cauca en 1994 como una de las alternativas al uso del poli tubular en reemplazo de las acequias de riego. Este sistema de riego utiliza tubería de PVC de diámetro entre 8 y 12 pulgadas

y requiere una presión entre 3 y 23 psi equivalente a una carga hidráulica de 2 a 16 mca. Esta presión puede ser suministrada por un pozo profundo o una motobomba de baja presión a partir de la cual se instala la tubería principal en PVC de 10 a 12 pulgadas, enterrada, con hidrantes para conectar la tubería secundaria portátil en PVC de 8 a 10 pulgadas de diámetro con ventanas corredizas que se instalan a las distancias requeridas de acuerdo con el espaciamiento entre surcos. Esta tubería debe tener un tratamiento contra los rayos ultravioleta del sol, ser liviana, flexible y fácil de acoplar y desacoplar.

Con el uso de la tubería se eliminan las acequias regadoras, las conductoras y también se pueden eliminar la utilización de los reservorios liberando área para siembra. Se puede controlar exactamente la cantidad de agua aplicada a cada surco, inclusive trabajando de noche, lo cual es más fácil cuando se cuenta con un medidor de caudal.

Este tipo de riego se inició en los años 70's sin buenos resultados por falta de técnicas adecuadas de manejo, se taponaban los goteros, desde los 90's se retomó con mejores prácticas agrícolas y mantenimientos adecuados con el aumento de las inversiones agrícolas del sector cañicultor, hasta la fecha se va aumentando la cantidad de área instalada con este tipo de riego, principalmente en sectores de baja oferta de agua y zonas de pie de monte (ondulado) de acuerdo con Liotta, M. et. al. (2015).

Términos de Eficiencia y Uniformidad

Según (Grillo, M 1985), “la eficiencia de aplicación y la uniformidad cercanas al 100% no siempre son deseables o prácticas”. Las inversiones para asegurar una alta eficiencia de aplicación y uniformidad son a menudo altas y las utilidades percibidas no se justifican

económicamente; pero si se debe evaluar en un orden determinado, para decidir si solo tiene que hacer una modificación u optar por un sistema diferente.

Sistema de riego por goteo

El riego por goteo consiste en la aplicación de agua en pequeños caudales directamente en la zona radical de las plantas. En este sistema el agua debe ser filtrada previamente y es común que se utilice como medio para la aplicación de fertilizantes en solución. El riego por goteo se caracteriza por su alta frecuencia y por la aplicación localizada del agua, debido a lo cual se le conoce también como riego localizado de alta frecuencia (RLAF). De acuerdo a estas características, es el sistema más eficiente para elevar la productividad de los cultivos y en particular de la caña de azúcar con menores gastos de agua, fertilizantes y mano de obra.

No siempre es necesario recurrir al uso de bombas para suministrar la presión requerida en un sistema de riego; en algunos casos es suficiente disponer de una toma elevada sobre las áreas por regar para captar el agua de un reservorio o una corriente superficial. Sin embargo, en determinados sitios es necesario recurrir al bombeo utilizando equipos adecuados para suministrar el caudal y la presión necesarios para el buen funcionamiento de este sistema de riego en determinados cultivos. El caudal requerido se calcula en la planeación del sistema y la presión, en el diseño hidráulico. (Campos A. et. al. 2018).

De acuerdo con (NaanDanJain Ltd,2013) El riego por goteo realizado en todo el mundo permite duplicar los rendimientos mientras simultáneamente se produce un ahorro de 20-40% de agua, 30% de fertilizantes en comparación con el riego por surcos. Además, el riego por goteo es importante para el mejoramiento del contenido de sacarosa en comparación con el riego por surcos y con el riego con aspersores de cobertura total.

No obstante, y de acuerdo con las condiciones del Valle del Cauca y la zona agroecológica las pretensiones del incremento del rendimiento son del 30% conservadoramente hablando, debido a que, como todo sistema, las limitantes dadas por variables no controlables pueden interferir en los resultados.

En el cultivo de caña de azúcar se ha observado que los rendimientos son influidos positivamente con la aplicación óptima de agua y fertilizantes. Debido a la alta evapotranspiración del cultivo, es importante utilizar los escasos recursos hídricos en forma prudente, adoptando conciencia sobre el uso de este, manejando un sistema que ayuda a minimizar el consumo de agua por unidad de área.

Por ser un cultivo de larga duración que produce enormes cantidades de biomasa, la caña de azúcar es una de las plantas con mayores requerimientos de agua, siendo inclusive considerada como resistente a la sequía. La mayor parte de la biomasa radicular de la caña de azúcar se encuentra cercana a la superficie, disminuyendo casi exponencialmente con la profundidad del suelo. Generalmente, casi el 50% de la biomasa radicular se concentra en los primeros 20 cm del suelo y un 85% está en los primeros 60 cm. Ascencios, D. (2013)

De acuerdo con este criterio las necesidades hídricas del cultivo no deberían exceder estas profundidades y los grandes volúmenes de agua utilizados en sistemas de riego tradicionales como la gravedad, antes que generar un beneficio pueden generar la percolación de nutrientes o la escorrentía de fases del suelo incluida la capa vegetal, consiguientemente erosión y en algunos casos pérdidas irremediables de suelo.

Por tanto, con un uso racional del recurso y su aplicabilidad práctica se pueden evitar este tipo de fenómenos o daños en suelos productivos, escasos y costosos.

La caña de azúcar (*S. officinarum*), como ya se ha descrito es un cultivo altamente demandante en la extracción de nutrientes y la rata de agua consumida durante el ciclo en esta zona del mundo. Pero no se debe confundir la alta demanda con el uso indiscriminado y/o sin medición del recurso, una práctica difundida no solo para el cultivo en mención.

Componentes del sistema y descripción.

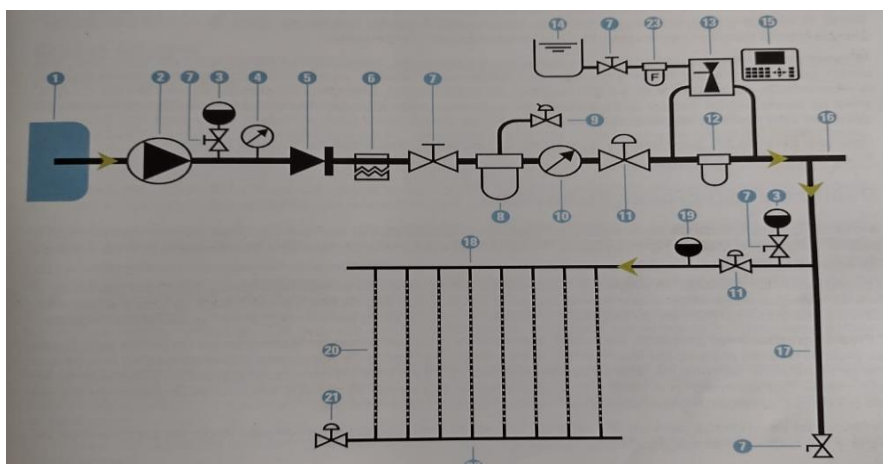


Figura 1. Diagrama esquemático del sistema de riego, Netafim 2014.

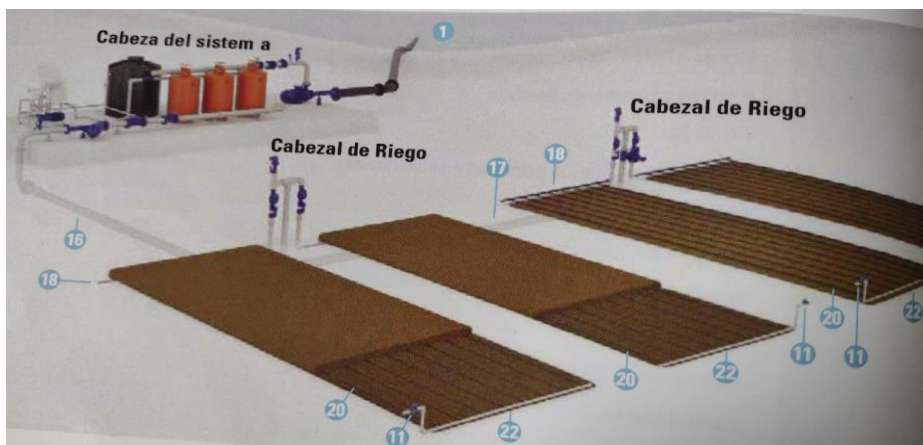


Figura 2. Estructura del sistema de riego por goteo, Netafim 2014 pag22.

1. Fuente de agua
2. Estación de bombeo
3. Válvula de aire
4. Calibrador de presión
5. Válvula de check
6. Válvula de alivio
7. Válvula manual
8. Unidad principal de filtración
9. Válvula de retro lavado Auto.
10. Medidor de agua
11. Válvula hidráulica.
12. Filtros de anillos
13. Unidad dosificadora.
14. Tanque de fertilización.
15. Controlador de riego.
16. Tubería principal
- 17 Tubería secundaria
- 18 Tubería distribuidora.
19. Válvula cinética.
20. Manguera de goteo.
21. Válvula de lavado.
22. Tubería colectora
23. Filtro de fertilizante.

Metodología

La evaluación se llevó a cabo en la hacienda Malimbú, en la ciudad de Palmira Valle del Cauca, en las suertes 60 (goteo) y suerte 63 (riego por gravedad con tubería de ventanas).

Para la evaluación de este sistema se hizo necesario realizar un cronograma de actividades como: Toma de datos de las diferentes variables, (precipitación, evaporación, evapotranspiración, aplicación de riegos y fertilización).

Metodología del objetivo específico 1

Para la evaluación del sistema durante la aplicación se utilizó, lápiz, canaleta o tarro aforado, pluviómetro, tensiómetro, pH metro, Conductímetro, realizando la toma de datos una vez terminado el tiempo de aplicación de un set de riego o conjunto de válvulas, analizando el desempeño y corrigiendo inmediatamente cualquier posible inconsistencia.

El objetivo de esta prueba fue medir la presión y el caudal que está pasando por el 20% de las líneas de goteo o laterales en 1 Ha. de caña de azúcar (área de estudio)

En este caso, se tiene un lote de 150 m. de longitud de los surcos y una distancia entre surcos de 1,65 m, por lo tanto:

Fórmula 1.

$$\frac{10000 \text{ m}^2 (1\text{Ha})}{150 \text{ m} \times 1,65 \text{ m}} = \frac{10000 \text{ m}^2}{247,5 \text{ m}^2} = 40,4 \text{ surcos/ ha. (41 surcos)}$$

$$150 \text{ m} \times 1,65 \text{ m} = 247,5 \text{ m}^2$$

En 1 ha. Se toman 41 surcos o laterales, por lo tanto, se evalúan 8 laterales, equivalentes al 19,5% del área total de estudio.

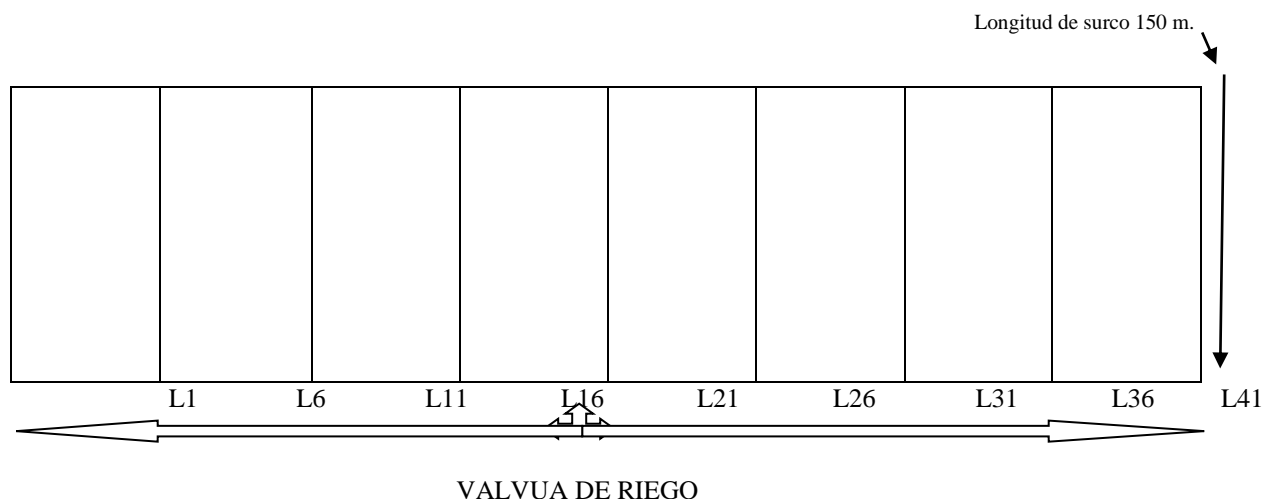


Figura 3. Esquema del área a Evaluar, Fuente Autores

Se seleccionan ocho (8) líneas de goteo o laterales, mediante el método de muestreo aleatorio sistemático, equivalentes al 19,5% del área a evaluar en 1 hectárea (área de estudio). Procediendo a la medición de la longitud del surco en cada una de las líneas a evaluar para así la cantidad de emisores (goteros) en cada línea según la longitud del surco y espaciamiento entre ellos. (Long. Surco / espacio entre goteros.) ($150\text{m} / 0,5 \text{ m.} = 300 \text{ goteros/ línea o surco}$), por consiguiente, se desacopló el conector entre la manguera ciega (elevador) y la línea de goteo que se encuentra al inicio del surco para así conectar la herramienta mostrada en la figura 8 a la manguera elevadora (manguera ciega) con el conector dentado x anillo azul, con la válvula de paso cerrada.

Se conectó la herramienta mostrada en la figura 8 a la línea de goteo con el conector dentado x anillo azul, se abrió la válvula de paso de la herramienta mostrada en la figura 8. Se esperó a que la presión en el surco sea constante y se registró el valor encontrado.

Esta presión debe ser la definida durante el diseño del proyecto para verificar y registrar el caudal real que pasa por el medidor de flujo (fig 8); Determinando el caudal teórico de cada

lateral (línea de goteo) o surco, según la cantidad de emisores y su descarga nominal (descarga de diseño en lph).

También se procedió a medir el caudal real en la línea de goteo a evaluar, usando el medidor de la herramienta mostrada en la figura 8.

$$\text{Caudal real (lph)} = \text{volumen (Lt)} / \text{tiempo (h)}$$

Una vez determinado el caudal real encontrado y el teórico, se pudo encontrar el porcentaje de taponamiento de la línea evaluada, así:

$$(\text{Caudal teórico} - \text{caudal real}) / \text{caudal teórico} * 100$$

Analizando los resultados obtenidos y así tomar decisiones con los registros de los datos obtenidos en la prueba en un formato, así: (ver formato1), de acuerdo a la fórmula 1, se desarrolló en 1 Hectárea de terreno tenemos 41 surcos, de los cuales se evaluaron 8 de ellos, equivalentes al 19,51% del total de surcos o laterales del área en estudio. $(8/41 * 100) = 19,51\%$

se seleccionó un surco cada 5 de ellos, contando desde el primero y así sucesivamente, hasta llegar al 41, abarcando el total del área evaluada, tratando de obtener una cuadrícula para ubicarnos fácilmente en el plano del terreno evaluado.

Según el diseño y el plano o con la cinta métrica se verifica la distancia entre surcos, la distancia entre goteros y la descarga nominal de los mismos; con la ayuda de una cinta métrica, o con la escala del plano, se midió la longitud de cada surco evaluado, en este caso el lote esta parejo con 150 m. (cód. 1 en el formato).

Se determinó la cantidad de emisores de cada línea o lateral, teniendo en cuenta la longitud de cada surco a evaluado, de la siguiente forma:

(cód. 1 / cód. 3 del formato 1) ejemplo:

$$\frac{\text{Long. Surco en m.}}{\text{Espaciamiento de goteros en m.}} = \frac{150 \text{ m.}}{0,5 \text{ m.}} = 300 \text{ goteros o emisores}$$

Se registraron los datos de caudal teórico en Lph tanto de los goteros como de la línea de goteo, en el formato No. 1 (Ver anexos). Para calcular la presión de trabajo y la cantidad de agua que está pasando por cada línea de goteo o lateral a evaluar, con ayuda de la herramienta construida para esta labor (figura 8), se desacopló la línea de goteo de las mangueras elevadoras y acopló un extremo de esta herramienta a la manguera elevadora y el otro extremo a la línea de goteo, abriendo la llave de PVC o registro, para que el agua circulara hacia los goteros, se esperó que presurizara la manguera (la presión debe ser constante).

Se tomaron registros del recorrido que hizo el reloj en el flujómetro en un tiempo de 3 minutos, estos datos se guardaron en el formato anterior (formato 1), para posteriormente realizar los cálculos respectivos.

De esta forma se calculó el taponamiento de los goteros de cada línea de goteo a evaluar, mediante la siguiente formula así:

$$(\text{Caudal teórico} - \text{caudal real}) / \text{caudal teórico} * 100$$

Ejemplo línea 2 del formato

$$\frac{300 \text{ LPH} - 275 \text{ LPH}}{300 \text{ LPH}} \times 100 = \frac{300 - 275}{300} \times 100 = 8,33 \%$$

% taponamiento	Estado
Menor a 10%	Excelente estado
Entre 10% y 20%	Buen estado
Entre 20% y 35%	Requiere mantenimiento
Mayor a 35%	Cambio de la línea

Figura 4. Cuadro de rangos de % de taponamientos.

El riego afecta cada fase del cultivo.

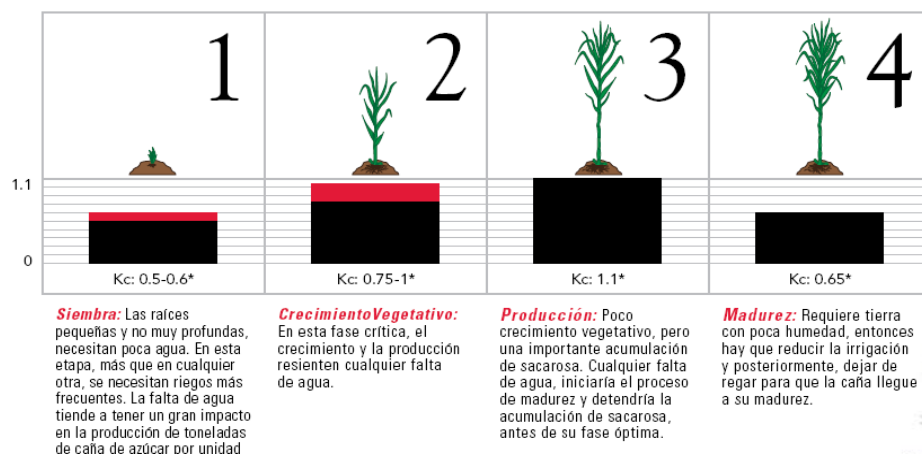


Figura 5. Fases del cultivo de caña de azúcar, guía de productos de sistemas de Irrigación y Manual de Instalación del Equipo de Pivote Central. (Zimnatic. 2010).

En cada etapa del crecimiento de la caña de azúcar, desde la siembra hasta la madurez, es de gran importancia la cantidad adecuada de riego. Teniendo en cuenta varios factores al momento de diseñar sistemas de riego adecuados a sus necesidades, como son los microclimas locales, el tipo de suelo y su elevación sobre el nivel del mar.

Para determinar los requerimientos de agua de la caña de azúcar, la relación entre el coeficiente de cultivo (Kc) de la caña y la evapotranspiración (ETp), es fundamental. El Kc difiere en cada fase del desarrollo de la caña de azúcar. Requisitos de agua = $ETp \times Kc^5$.

Para determinar el perfil del suelo en las dos (2) suertes beneficiadas con el sistema de riego por goteo y el testigo regado con tubería de ventanas. Se obtuvieron muestras de suelo para determinar la textura en cada uno de los horizontes y luego se llevaron al laboratorio de

CENICANÑA para verificar que los resultados sean confiables, allí los resultados de capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (pmp), densidad aparente (Da).

Estas pruebas arrojaron datos sobre las propiedades, características de los suelos, como es la capacidad para absorber agua (capacidad de campo) y punto de marchitez permanente. La infiltración es indispensable para diseñar un sistema de riego, también para evaluarlo con base a la intensidad de aplicación del sistema. Debido a que el sistema de riego por goteo se hace necesario determinar el porcentaje de humedad antes y después de la aplicación del riego, indistintamente de la lámina aplicada.

Al igual que en el muestreo de suelos, se seleccionaron los sitios representativos del área regada teniendo en cuenta de no estar cerca de caminos, suelos diferentes del resto del área, drenajes, canales etc. Para evitar que los resultados se vean afectados por los anteriores factores.

Para el muestreo se utilizaron los siguientes materiales: Dos (2) cilindros para toma de muestras de suelo, Una (1) escala graduada (probeta) y un (1) cronómetro.



Figura 6. Cilindros utilizados para toma de muestras de suelos. Fuente Autores.

De acuerdo al estudio realizado en estas 2 suertes, se encontró una orden de suelo ALFISOLS, donde muestra suelos de textura franca-fina y franca fina sobre arcillosa, secos, profundos a moderadamente profundos, bien drenados, ubicados en napas de desborde de la llanura aluvial.

Capacidad de campo en 37% de humedad,

PMP 8% de humedad,

Densidad Aparente de 1,23 g/cm³,

Profundidad radicular de 42 cm.



Figura 7. *Instalación de riego por goteo para caña de azúcar. Fuente Autores.*

El sistema de riego por goteo en la hacienda Malimbú, consiste en un conjunto de materiales instalados para la aplicación del agua al cultivo de la caña de azúcar en la suerte 60, este sistema se encuentra instalado en un área de 33 hectáreas, conformado por:

- Sistema de bombeo o captación de agua (pozo profundo)
- Sistema de filtrado

- Sistema de conducción principal
- Sistema de conducción secundario o distribuidoras
- Sistema de distribución (manguera de goteo)
- Sistema de fertilización.

El riego por goteo, es un sistema presurizado donde el agua se conduce y distribuye por conductos cerrados que requieren presión, también se denomina riegos localizados porque humedecen un sector de volumen de suelo, suficiente para el buen desarrollo del cultivo.

Es considerado un sistema de alta frecuencia, ya que se puede regar desde una hasta varias veces por día, dependiendo del tipo de suelo, necesidad del cultivo y disponibilidad de agua, evitando el estrés hídrico, manteniendo el nivel de humedad del suelo durante todo el periodo productivo, mejorando el desarrollo de las plantas.

Estimación del uso adecuado del recurso hídrico en la aplicación de riego por goteo para la hacienda Malimbú.

Para la evaluación de taponamiento de los goteros se requieren una serie de procedimientos llevados a cabo por el proceso de datos tomados en campo y para ello, se usaron los siguientes materiales:



Figura 8. Herramienta para medir presión y caudal por surco. Fuente Autores.

- 1 Plano del área instalada
- 1 Medidor de flujo ¾"
- 1 Manómetro de glicerina 2.5 bar
- 1 Válvula de bola de ¾" (Registro PVC)
- 2 adaptadores hembra ¾"
- 1 T ¾"
- 1 Buje ¾" soldado x ¼" rosca interna
- 1 mt Manguera ciega 16 mm flexible (transparente)
- 2 conector dentado x anillo 16 mm
- Cinta métrica
- Cronómetro
- Formato No. 1

La estimación de la aplicación del riego por goteo en caña de azúcar, se determinó mediante el cálculo de la cantidad de agua aplicada al cultivo Vs. Volumen asignado por unidad de área. Así:

$$\frac{\text{Promedio Caudal Real de Línea (Lph)}}{\text{Caudal Teórico de Línea (Lph)}} \times 100$$

Evaluación de Taponamiento de Goteros Auto-compensados.

Se realizó la medición de los datos requeridos para obtener el resultado aplicando la formula descrita para cada línea evaluada (1-8), y de acuerdo al promedio se calculó la estimación del taponamiento en porcentaje.

Tabla 1*Evaluación de taponamiento de goteros auto-compensados en campo*

EVALUACION DE TAPONAMIENTO DE GOTEROS AUTOCOMPENSADOS EN CAMPO											
COD	ITEM	FORMULA	LINEA 1	LINEA 2	LINEA 3	LINEA 4	LINEA 5	LINEA 6	LINEA 7	LINEA 8	PROMEDIO
1	Longitud de surco (mt)	N/A	150	150	150	150	150	150	150	150	150
2	Distancia entre surcos (mt)	N/A	165	165	165	165	165	165	165	165	165
3	Espaciamiento entre goteros (mt)	N/A	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
4	Total Goteros en Línea	13	300	300	300	300	300	300	300	300	300
5	Descarga del Gotero (Lph)	N/A	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	Caudal Teórico de Línea (Lph)	4 *5	300	300	300	300	300	300	300	300	300
7	Volumen en línea (Lt)	N/A	26,5	27,5	28	29,4	29,3	28,6	27,7	26,8	28
8	Tiempo (min)	N/A	6	6	6	6	6	6	6	6	6
9	Caudal Real de Línea (Lph)	(60) *7 / 8	265	275	280	294	293	286	277	268	279,8
10	Presión (PSI)	N/A	15	17	17,5	19	20	18,5	17,6	16	15,3
11	Taponamiento %	9 / 10 *100	11,7	8,3	6,7	2	2,3	4,7	7,7	10,7	6,75
	PROMEDIO DE PORCENTAJE DE TAPONAMIENTO	(SUMA: L1a L8) / 8									6,75
	Eficiencia de Aplicación	Prom	9/6*100								93,3

*** Formular según el código de cada ítem

$$\frac{\text{Promedio Caudal Real de Línea (Lph)} \times 100}{\text{Caudal Teórico de Línea (Lph)}}$$

$$\frac{279,8 \text{ Lph} \times 100}{300 \text{ Lph}} = 93,3$$

Fuente: (NUÑEZ, L 2015).

En este caso la Eficiencia de Aplicación es de 93,3% y el Taponamiento es del 6,75%

Tabla 2*Coefficiente de Uniformidad*

UBUCACION	LINEA 1	LINEA 2	LINEA 3	LINEA 4	LINEA 5	LINEA 6	LINEA 7	LINEA 8
1ER CUARTO	47,5	45,5	50	50	48	48,9	47	46,2
2DO CUARTO	46,4	45	49	49	50	46,4	44	45,1
3ER CUARTO	41	48	43,5	49	49,5	48,8	47,5	44,5
4TO CUARTO	42	43	44	49	48,25	46,2	47	43,2
PROMEDIO	44,23	45,38	46,63	49,25	48,94	47,58	46,38	44,75
TIEMPO (Min)	3	3	3	3	3	3	3	3
Total Muestras	32							

Se calcula el caudal de cada gotero en centímetro cúbicos, para verificar semejanza en la emisión promedio por gotero en términos de caudal.

Tabla 3*Conversión de caudal de emisores*

CONVERSION DE CAUDAL DE EMISORES A LITROS POR HORA (Aforo de Goteros)								
UBUCACION	LINEA 1	LINEA 2	LINEA 3	LINEA 4	LINEA 5	LINEA 6	LINEA 7	LINEA 8
1ER CUARTO	0,95	0,91	1	1	0,96	0,98	0,94	0,92
2DO CUARTO	0,93	0,9	0,98	0,98	1	0,93	0,88	0,9
3ER CUARTO	0,82	0,96	0,87	0,98	0,99	0,98	0,95	0,89
4TO CUARTO	0,84	0,86	0,88	0,98	0,97	0,92	0,94	0,86
PROMEDIO	0,88	0,91	0,93	0,99	0,98	0,95	0,93	0,9
TIEMPO (Min)	60	60	60	60	60	60	60	60
Total Muestras	32							
PROMEDIO DE DESCARGA DE GOTEROS								0,93 Lph

Sistema de riego por gravedad con tubería de ventanas

Evaluación técnica del riego con tubería de ventanas

Tabla 4

Evaluación Técnica del Riego con Tubería de Ventanas

VENTANA	VOLUMEN	TIEMPO	PROMEDIO
No.	LTS	Seg	LPS
1	11,5	3,28	3,51
2	11,45	3,32	3,45
3	9,69	2,85	3,4
4	9,1	2,5	3,64
5	14,79	4,35	3,4
6	14,2	4,28	3,32
7	12,35	3,54	3,49
8	11,81	3,27	3,61
PROMEDIO/ VENTANA			3,48

Fuente. Hacienda Malimbú Autores

- Longitud de surcos: 150 m.
- Caudal asignado 28 l.p.s
- Numero de surcos regados por set: 8
- Área regada por set: $150 * 1.65 * 8 = 1980 \text{ m}^2 / 10000 = 0.198 \text{ Ha.}$
- Hora de llegada al set de riego: 8:18 AM
- Hora de salida del agua del set de riego: 10:30 AM
- Tiempo oportuno de contacto: 2 horas 12 minutos.
- Velocidad de avance: 1.13 mt/min
- Lamina aplicada: 1120 M³/Ha

Tabla 5*Evaluación por surcos en la tubería de ventana*

DISTANCIA	SURCO 1	SURCO 2	SURCO 3
Mts	Tiempo	Tiempo	Tiempo
0	0	0	0
25	8	6	7
50	18	17	20
75	33	35	37
100	53	61	69
125	94	95	98
150	132	128	130

Fuente: Hacienda Malimbú.



Figura 9. Riego por gravedad con tubería de ventanas. Fuente Autores.



Figura 10. Evaluación por surcos en la tubería de ventana. Fuente Autores.

Hallar la lámina aplicada mediante la fórmula

$$\text{Lam} = \frac{Q * \text{HF} * K}{A} = \text{Lam (mm)}$$

A

Donde:

Lam.: Lámina, cantidad de agua aplicada en milímetros

Q: caudal obtenido del pozo (litros por segundo)

HF: Horas Fuente, tiempo trabajado por el pozo (horas)

K: constante para convertir de M³ /Hora a mm (0.36)

A: Área regada en un lapso de tiempo (Has.)

Según esta fórmula se obtuvo la siguiente información en la evaluación:

$$\text{Lam} = \frac{28(\text{lps}) * 2.2(\text{Hr}) * 0.36(\text{K})}{0,198} = 22176, = 1120\text{mm}$$

$$8 \text{ surcos} \times 150\text{mt} \times 1,65 \text{ mt (Has)} = 0,198$$

Con esta información se encontró que el cultivo necesita una lámina de 750 M³/Ha para estar en capacidad de campo, y estamos aplicando 1120 M³/Ha, obteniendo una eficiencia de aplicación de 66,96 %, quiere decir que con este método muestra un desperdicio del 33,1 % del agua requerida por la plantación; este valor equivale a 370 M³/Ha.

Calculo del rendimiento hectárea del Sistema de Riego con Tubería de Ventanas.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación Técnica del riego por gravedad con tubería de ventanas, se encontró.

Área regada por set: 0,198 Has, Tiempo de riego por set: 2,2 horas

Horas por jornal: 8 horas

No. Set de riego por jornal: 8 horas / 2,2 horas = 3,63 Set de riego

Rendimiento por Jornal: 3,63 Set x 0,198 Has. = 0,718 Has / jornal

1 jornal / 0,71 Has/jornal = 1,4 Jornales/Ha,

Eficiencia de Aplicación.

La eficiencia de aplicación se obtiene a partir de la LARA (Lámina Rápidamente Aprovechable) (manual del cálculo de eficiencia para sistemas de riego pg. 52).

Para este caso es 75 mm. entonces:

Lamina aplicada mm / LARA mm * 100. Fuente: (Nuñez, L 2015).

$75 / 112 \text{ mm} \times 100 = 66,96 \%$

En este caso la eficiencia de Aplicación es de 66,96%

Interpretación de los costos económicos operativos de ambos sistemas

Metodología del Objetivo Especifico 2

La evaluación económica del Sistema de Riego Por Goteo Vs el Riego por Gravedad con tubería de ventanas, considera entre otros aspectos, los costos presentados en los sistemas de riego utilizados en el estudio para determinar la rentabilidad de la utilización del sistema en el cultivo de caña de azúcar.

La determinación de los costos de producción son datos del sector comprendidos en el periodo 2019- 2020 llevados a costos por hectárea, como también los costos de operación de los sistemas de riego se toman como referencia y se llevan a la unidad de medida estándar: hectárea.

Los costos de instalación fueron los resultantes de todas las cotizaciones realizadas con el proveedor Colpozos, la mano de obra dentro de los cuadros de costos también es tenida en cuenta con sus prestaciones sociales y obligaciones de ley, llevadas a costo de jornal, para este proyecto los ingresos por venta en la parte de producción son referencia del contrato establecido por los propietarios del predio con los ingenios y el valor del dólar al momento del estudio económico. (Ver tablas 7 y 8 en anexos.)

Para la instalación de un sistema de riego con tubería de ventana en un área de 33 Hectáreas se necesita una inversión inicial de **\$271'175.500**, dando como resultado un valor de **\$8'232.591** por Hectárea sin tener en cuenta la perforación del pozo

Para regar la misma área mediante el sistema de riego con tubería de ventanas es necesario:

Hallar la lámina aplicada mediante la fórmula

$$\text{Lam} = \frac{Q * \text{HF} * K}{A} = \text{Lam (mm)}$$

A

De esta fórmula se despeja:

$$\text{HF} = \frac{A * \text{Lam}}{Q * K}$$

Donde

HF: Horas Fuente, tiempo que requiere para regar el área en estudio

A: Área a regar (Has.)

Lam: Lamina, cantidad de agua que queremos aplicar M³/Ha

Q: caudal obtenido del pozo (litros por segundo)

K: constante para convertir de lps a M³/hora (3.6)

Núñez, L. (2015).

Entonces:

$$\text{HF} = \frac{33 \text{ Has.} * 1120 \text{ M}^3/\text{Ha.}}{28 \text{ lps.} * 3.6} = \frac{36960}{100,8} = 366,7 \text{ horas}$$

Significa que se requiere 366,7 horas Para aplicar un (1) riego en las 33 Has, manteniendo la misma lámina. (1120 M³/Ha.) Por lo tanto:

$$\begin{array}{l} 366,7 \text{ horas} \\ \times \\ 7 \text{ riegos} \end{array} \quad \begin{array}{l} 1 \text{ riego} \\ \text{seria: } 2566,9 \text{ horas} \end{array}$$

Costo del riego con tubería PVC 10” con ventanas.

Tabla 6

Costo del riego con tubería PVC 10” con ventanas

COSTOS OPERACIONALES RIEGO CON TUBERIA DE VENTANAS				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	V. UNIT	V. TOTAL
Costo agua	M ³	264000	\$ 25,00	\$ 6.600.000,00
Costo Energía (pozo)	Kw/Hora	182349,04	\$ 234,00	\$ 42.669.676,03
Mano obra aplicación	Jornal	327,38	\$ 52.067,00	\$ 17.045.744,05
Mano de obra movilizaciones	jornal	5,36	\$ 52.067,00	\$ 278.930,36
Movilizaciones Maquina	Horas	28,57	\$ 55.000,00	\$ 1.571.428,57
Amortización Ha./año	global	10	\$ 115.256,00	\$ 8.232.590,91
TOTAL				\$ 76.398.369,91
Costo Riego por Ha.				\$ 324.114,30

Has. Regadas (área x No. Riegos)	235,7
800mm/Lam mm x 33 Has.	
No. Riegos /año	7,1
Horas X jornal	8
Área regada por set (Ha.)	0,198
Tiempo de riego por Set (Hora)	2,2
Rendimiento Ha/Jornal	0,72
Jornales total riego	327,38

Con base en esta información se obtiene que para aplicar los 7,1 riegos al año al cultivo de la caña de azúcar con el sistema de tubería de ventanas en las 33 Has. Cuesta **\$76.398.369,91** dando como resultado un costo de \$ 324.114,3 Riego /Ha; Se determina que para aplicar 1 riego a las 33 Has. De área cultivada en caña de azúcar en la hacienda Malimbú por medio de tubería con ventanas el costo es de **\$10.695.771,9**

Con base a esta información comparando los costos de operación de los dos sistemas de riego implicados en esta evaluación se obtiene como resultado.

Costo del riego por goteo

Tabla 7

Costo de riego por goteo

COSTOS OPERACIONALES RIEGO POR GOTEO				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	V. UNIT	V. TOTAL
Costo agua	M ³	292578	25	\$ 7.314.450,00
Costo Energía (pozo)	Kw/Hora	214919	234	\$ 50.291.057,14
Mano obra aplicación	Jornal	154,57	52.067	\$ 8.047.826,70
Mano de obra movilizaciones	Jornal	0	52.067	\$ -
Movilizaciones Maquina	Horas	0	55.000	\$ -
Amortización Ha./año	Global	10	109154	\$ 12.006.986,76
			TOTAL	\$ 77.660.320,60
			Costo Riego por Ha.	\$ 213.940,28

Has. Regadas (area x No. Riegos)	363
33 Has, x 11 riegos/año	
Horas X jornal	8
Horas x Ha	7,94
Área regada por jornal	1,008
Tiempo de riego por turno	4
Lamina mínima aplicada/jornal	2,44
Rendimiento Ha x jornal	2,3485
Jornales total riego	154,56

Se determina que para aplicar los 11 riegos al año al cultivo de la caña de azúcar con el sistema de riego por goteo en las 33 Has. Tiene un costo \$ 77.660.320,60 dando como resultado un costo de \$ 213.940,28 Riego /Ha.

Flujo neto de operación de ambos sistemas.

Tabla 8

Resumen del flujo neto de operación

FLUJO NETO DE OPERACIÓN		
CONCEPTO	SISTEMA RIEGO POR GOTEO	GRAVEDAD
INVERSIÓN FIJA	396230563,6	271675500
CAPITAL DE TRABAJO	47670883,06	46063652,98
COSTO DE AGUA	7314450	6600000
AMORTIZACIÓN	39623056,36	27167550



Figura 11. *Flujo neto de operación. Fuente Autores.*

Con base en los costos de ambos sistemas durante los periodos propuestos de amortización se evidencia que la diferencia entre los dos sistemas obedece al costo de instalación inicial, no obstante, el costo de cada evento de riego es menor debido al volumen de agua aplicado para el caso del riego por goteo; Para este análisis y con base en este flujo, se evidencia la distribución de los costos en un periodo de 5 años (Ver tabla 11 en anexos).

Resultados y análisis

Los resultados permiten concluir que el sistema de riego por goteo estudiado, es viable desde el punto de vista técnico, administrativo y económico superando las expectativas en principio planteadas, mediante un análisis de los datos obtenidos en campo, ya que reduce un 20% los costos de operación, aumenta la eficiencia de aplicación al 93% en el riego por goteo, logrando un ahorro de agua del 28% por ciclo, mejorando las producciones en un 19,6% en temporadas de condiciones normales.

Las evaluaciones técnicas que se realizaron a ambos sistemas permitieron confirmar y corregir posibles desviaciones que se puedan tener en los datos, al momento de tomar decisiones de mejora, tanto económicas como productivas del cultivo de caña de azúcar en la hacienda Malimbú.

El bajo porcentaje de taponamiento demostró la homogeneidad en la distribución del riego dentro del cultivo que puede llegar a afectar positivamente la producción del mismo, por una reducción significativa del agua usada para la labor de riego.

De acuerdo con los resultados obtenidos en campo, el riego por tubería de ventanas alcanzó una eficiencia en el mejor de los casos del 66,9% con caudales de 2.5 lps por ventana. Mientras que el riego por goteo obtuvo una eficiencia del 93% con una reducción del caudal por surco del 80%, y costos de aplicación por ventanas de \$324.133/ha mientras que los del riego por goteo se encuentran en \$213.940/ha, además de la limitante de aplicar solamente de 3 a 4 riegos por ciclo debido a la disponibilidad de agua, afectando proporcionalmente las toneladas de caña cosechadas por hectárea en un rango de 20 a 40 toneladas, si este periodo coincide entre el cuarto y séptimo mes de desarrollo vegetativo. (Cruz, J 2015).

Dentro de los resultados económicos, la labor de riego equivale a un 46% del costo total del cultivo, de ahí la importancia de un sistema eficiente que permita resultados adecuados a nivel económico y productivo, el sistema de riego por goteo muestra una alta inversión inicial, debido al alto costo de la instalación, no obstante la durabilidad del sistema es de por lo menos 15 años, comparado con el sistema con tubería por ventanas, de menor costo inicial y menor durabilidad, además por las características donde está ubicado el proyecto, existen variables a tener en cuenta como la disminución del recurso hídrico de esta región por diferentes condiciones de oferta hídrica.

La instalación de un sistema de riego adecuado permite a esta región una sostenibilidad agrícola prolongada en el tiempo y una producción más estable en términos de toneladas por hectárea.

La depreciación de la instalación en un periodo que permite amortizar el incremento de los costos y desde el primer corte evidenciar un incremento productivo, objetivo principal de la inversión tecnológica, anualmente el débito asciende aproximadamente a COP\$7.000.000/ha en pesos de hoy. Con la salvedad de no disolverlos en el número de riegos por año, dado que la determinación de esta cifra depende en gran medida de las necesidades de riego y otros costos.

Otro tópico relevante en la implementación de este sistema es el costo bajo de mantenimiento, y su participación en los costos generales de explotación. Puesto que, por su condición estacionaria, los elementos sufren menos desgaste y la recompra de repuestos disminuye.

En esta zona con dificultades de irrigación y en la cual el acceso a fuentes superficiales y/o subterráneas se dificulta debido a las asignaciones de caudal que hacen los entes de

regulación, o bien son secas por su agroecología este sistema es una alternativa que permite resultados de corto plazo.

La mano de obra requerida en la operación de los sistemas de riego convencionales, entre los que se encuentra el de ventanas con tubería es alto debido en gran medida a lo dispendioso de la instalación en la suerte que se pretende regar y así mismo el desarme para cambio de sitio, el sistema de irrigación por goteo supone operaciones sencillas, rápidas y eficientes, por cuanto no tiene tiempos muertos que impliquen el desperdicio de recursos hídricos.

Topográficamente la adaptación de un sistema de riego por tubería de ventanas a inclinaciones superiores al 7% generara indiscutiblemente un rediseño de las parcelas, buscando la menor pérdida de suelos y nutrientes vía erosión hidráulica o escorrentías, con una incidencia mayor en suelos cuyos perfiles A y/o B no son profundos. Por el contrario, el riego por goteo no genera estas pérdidas, en gran medida por la tasa de agua entregada en cada riego, la recuperación de una lámina (LARA) en condiciones de pendientes superiores a la cifra antes enunciada, no implican fenómenos de escurrido, o percolación aun en horizontes poco profundos.

Una desventaja general de los sistemas de riego con niveles tecnológicos de vanguardia, es precisamente el acceso de los agricultores a los recursos, bien sea por limitaciones financieras, geográficas o técnicas. Por ejemplo, fuentes eléctricas, materiales de reemplazo como material filtrante, costo de la implementación o acceso a los predios.

De acuerdo con el análisis de los costos operacionales y los resultados productivos se determina que el incremento en la producción del riego por goteo fue de 29 TCH equivalentes al 18,58%, con un costo directo de operación mayor, equivalente a **\$51.993/ha** y una utilidad operacional por ciclo de **\$2.529.007**, Demostrando de esta manera que la adopción del sistema mejora los rendimientos desde el primer ciclo.

Tabla 9

Ingresos, costos y utilidad por hectárea en ambos sistemas

INGRESOS, COSTOS Y UTILIDADES POR HECTÁREA		
DETALLE		
	R. VENTANAS	R. GOTEIO
INGRESO POR HECTÁREA		
PRODUCCIÓN PROMEDIO DE TON. POR Ha	127	156
PRECIO PROMEDIO POR TONELADA DE CAÑA	\$ 89.000	\$ 89.000
INGRESO DE VENTA	\$ 11.303.000	\$ 13.884.000
COSTOS POR HECTÁREA		
TOTAL COSTOS DIRECTOS /Ha	\$ 4.205.000	\$ 4.205.000
TOTAL COSTOS RIEGOS /Ha	\$ 2.301.350,97	\$ 2.353.343,08
TOTAL COSTOS DIRECTOS + C. RIEGO /Ha	\$ 6.506.350,97	\$ 6.558.343,08
UTILIDAD NETA /Ha		
UTILIDAD O PÉRDIDA NETA /Ha	\$ 4.796.649,03	\$ 7.325.656,92
EDAD DE COSECHA EN MESES	13	13
UTILIDAD NETA /Ha /MES	\$ 368.973,00	\$ 563.512,07

Tabla 10

Comparativo costo operacional.

DESCRIPCION	V. TOTAL GOTEEO	V. TOTAL VENTANA
Costo Agua	\$ 7.314.450,00	\$ 6.600.000,00
Costo Energía (Pozo)	\$ 50.291.057,10	\$ 42.669.676,00
Mano obra aplicación	\$ 8.047.826,70	\$ 17.045.744,10
Mano obra movilizaciones	\$ 0,00	\$ 278.930,40
Movilizaciones Maquina	0	\$ 1.571.428,60
Amortización Ha/año	\$ 12.006.986,80	\$ 8.232.590,90
Total	\$ 77.660.320,60	\$ 76.398.369,90
Costo riego/Ha	\$ 213.940,30	\$ 324.133,90



Figura 12. Costo operacional Goteo/Ventana. Fuente Autores.



Figura 13: *Grafico de resultados. Fuente Autores.*

Tabla 11

Resultados

SISTEMA DE RIEGO	COSTO DE APLICACIÓN	VOLUMEN APLICADO M3	TCH	EFICIENCIA DE APLICACIÓN
TUB. VENTANAS	\$ 324.133,90	\$ 1.120,00	127	66,70%
GOTEO	\$ 213.940,20	\$ 806,00	152	93,30%

Conclusiones

La disponibilidad de agua para riego por goteo se ve afectada positivamente gracias a que la cantidad de área a irrigar se incrementa por el caudal entregado a cada unidad de área. Módulo de riego: 0,84 lps, resultado de dividir el caudal asignado de 28 lps y un área de 33 ha instaladas en goteo, mientras que con riego por ventanas se requerían 1 lps, es decir el déficit sería de 17,8%. Mientras que se aplicaban 1120 m³ en cada riego por hectárea realizado con tubería de ventanas, en la aplicación por goteo esta lamina se reduce a 806 m³/ha. por cada riego, una disminución de 314 m³ por hectárea en cada evento de riego, equivalente al 28,03%, evidenciando una oferta ambiental positiva y la disponibilidad del recurso para usos diferentes al agrícola.

Se encontró que la operación de riego por ventanas tuvo un costo \$324.000/ha. Comparada con la de goteo que fue de \$213.000/ha como resultado de ello una reducción del 34.25%. por evento de riego.

Recomendaciones

Se requiere realizar estudios de campo, como también administrativos, ya que la decisión de instalar un sistema de riego para el cultivo implica más áreas del conocimiento a tener en cuenta, así como también el tamaño de la explotación, la edad de las cepas y la disponibilidad hídrica, en cada caso se pueden presentar de manera individual o conjunta, no obstante, la mejor opción siempre será la que se oriente a un manejo austero de los recursos sin detrimento del cultivo.

Se recomienda establecer estudios cuantitativos de impacto ambiental, buscando determinar la economía hídrica ligada a estas prácticas.

Referencias

- Ascencios, D. (2013). Asistencia técnica dirigida en riego tecnificado en el cultivo de caña de azúcar. UNALM AGROBANCO, Volumen1, pp.10-15.
- Buckingham, E. (1907). Studies on the movement of soil moisture. USDA, Bureau of Soils, 38. <https://archive.org/stream/studiesonmovemen38buck#page/50/mode/2up>
- Campos, A. et. al. (2014). Riego con caudal reducido en cultivos de caña de azúcar. Guía metodológica. Cenicaña. <https://www.cenicana.org/riego-con-caudal-reducido-en-cultivos-de-cana-de-azucar/>
- Campo, A. et. al., (2018). Riego por goteo. Cali-Colombia: Cenicaña. p. 16,21.
- Campo, c. F. Benavidez, f. (1983) descripción y evaluación del sistema de riego por aspersion. “pivote central”. Universidad nacional de Colombia.
- Caracol T.V. (2017). Caña de Azúcar el gran motor de la economía del Valle del Cauca. Asocaña. <https://www.asocana.org/modules/documentos/14167.aspx#:~:text=La%20ca%C3%B1a%20de%20az%C3%BAcar%20es,en%20todo%20el%20encadenamiento%20productivo>
- Cruz, J.R. (2015). Manejo eficiente del riego en el cultivo de la caña de azúcar en el Valle geográfico del río Cauca. Cali: Cenicaña, p.10.
- Cruz v. R. Villegas T. (1996). Avances técnicos para la programación y el manejo del riego en caña de azúcar (Serie técnica No. 19), Cenicaña. p. 53.
- Dasberg, S. y Bresler, E. (1985). Drip irrigation manual. Bet Dagan: International Irrigation Information Center (IIIC). Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica. USDA.

- Demin, P. E. (2014). Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego: métodos de riego: fundamentos, usos y adaptaciones. Ediciones INTA, 1ra Edit., 24.
- Duarte, C.A. y Niño, J.R. (2001). Introducción a la mecánica de fluidos. Universidad Nacional de Colombia. <https://isbn.cloud/9789587010374/introduccion-a-la-mecanica-de-fluidos/>
- Grillo, m. (1985) Riego por Aspersión. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Luters, A. Salazar, J. (2000). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Instituto de Suelos. https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051913.pdf
- Galeano, M. (2017) Indicador 2: Calidad del suelo. http://www.globalbioenergy.org/fileadmin/user_upload/gbep/docs/AG2/Paraguay_project/Indicador_2.pdf
- Instituto colombiano de normas técnicas y certificación. (1996) Tesis y otros trabajos de grado. ICONTEC.132p. NTC. 1486.
- Liotta, M. et. al. (2115) Riego por Goteo. En Manual de Capacitación: Riego por goteo (5). Av. Libertador San Martin: Prosap servi al agro. P.5.
- Marulanda, E. (1981). Prueba de Infiltración con Cilindros Infiltrómetros. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Merrian, J.L. y Keller, J. (1978). Farm irrigation. System evaluation: A guide for management. Utah State University, Logan Utah: 8-12, 81-95, 260-261.
- Naandanjain. (2013). Riegos. 5-06-2020, de Jain Irrigation Company. <https://naandanjain.com/solutions/sugar-cane/>

Núñez, L. A. (2015). Manual del cálculo de eficiencia para sistemas de riego. Lima Perú.

https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/manual-riego/manual_determinacion_eficiencia_riego.pdf

Patiño, V. M. (2014). Fechas Históricas de la Agroindustria de la caña en Colombia. Cenicaña.

<https://www.cenicana.org/fechas-historicas-de-la-agroindustria-de-la-cana-en-colombia/>

Pérez, M. R. et. al. (2011). Agroindustria cañera y uso del agua. Análisis crítico en el contexto de la política de agrocombustibles en Colombia. Brasil: Ambient Soc.

<https://www.scielo.br/j/asoc/a/mn5CZX4DJschFHQDKqyH7wz/?format=pdf&lang=es>

Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural y alimentación (2015). Ficha técnica del cultivo de la caña de azúcar. Comité nacional para el desarrollo sustentable de la caña de azúcar, 1, p. 19.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/141823/Ficha_Tecnica_Ca_a_de_Azucar.pdf

Solomon, k. H. (1988). "Irrigation Systems and Water Application Efficiencies".

<https://pjaaevs.sau.edu.pk/index.php/ojs/article/view/106>

Torres, j. S. Y cruz, r. (2008). Avances técnicos para la programación y el manejo del riego en caña de azúcar (serie técnica no 33), Cenicaña.

https://www.cenicana.org/pdf_privado/serie_tecnica/st_33/st_33.pdf

Anexos

Formato de evaluación de riego de gravedad por tubería de ventanas

DATOS DE PRUEBA DE RIEGO			
Fecha	27/06/2020	Evaluador	ECTOR FABIO CAICEE
Hacienda	MALIMBU	Regador	BOLIVAR
Sector-Suerte	2138-010	Edad	2
Hora de llegada del regador (hh:mm)	6:00	Hora de llegada del agua (hh:mm)	6:00
Hora de Salida del regador (hh:mm)	18:00	Horas de set de riego (hh:mm)	4
Ancho de surco (m)	1,65	CONTINUO	
Longitud de surco (m)	270	SURCO ALTERNO	
No. De surcos con agua	24	2X1	X
Caudal de regador (l/s)	53	4X1	
Caudal por surco (l/s)	3,3		
Distancia para Vel Avance (m)	1	Brechas (No. #)	X
Tiempo para Vel Avance (seg)	110	Aporque (Si/No)	NO
		Fuente	POZO 236222
Volumen de agua requerido (m3/Ha)	1150	LARA (mm)	58
RESULTADOS			
Velocidad de avance (m/min)	0,55	Eficiencia admon. (Ha/jornal)	4,81
Tiempo de salida del set (H)	8,25	Diferencia horas set de riego (H)	206%
Área regada (Ha)	1,604	Lamina Aplicada (mm)	71
Volumen por hectárea (m3/Ha)	1466,67	Volumen por hectárea H. Real (m3/Ha)	711,11
Eficiencia volumen requerido (%)	128%	Eficiencia volumen requerido (%)	62%
Diferencia Volumen Usado y Caudal aforado (m3/Ha)	755,6		
Diferencia Caudal regador y Caudal aforado (l/s)	-26,20		
Perdidas de caudal (%)	-49,4%		
OBSERVACIONES: EN ESTE RIEGO EN LA EVALUACION SE OBSERVO QUE NO TENIA BORDA Y SE LES RECOMENDO APRETAR UN POCO MAS PARA QUE EL AVANCE MEJORE Y EL CONSUMO POR VOLUMEN HECTARIA AL C4 QUE NOS ACONPAÑO.			

Informes de riego

Sector-Suerte	Fecha	Hacienda	Zona	Evaluador	Regador	Edad del cultivo	Hora de llegada del regador (hh:mm)	Hora de salida del regador (hh:mm)	Hora de llegada del agua (hh:mm)	Horas de set de riego (hora)	Brechas (No. #)
10		MALIMBU	11H1	HECTOE.CAICEDO	BOLIVAR	2,00					1,00

Fuente	Ancho de surco (m)	Longitud de surco (m)	Caudal de regador (l/s)	Caudal por surco (l/s)	Velocidad de avance (m/min)	Tiempo de salida del set (H)	Área regada (Ha)	Volumen por hectárea (m ³ /Ha)	Diferencia Volumen Usado y Caudal aforado (m ³ /Ha)	Diferencia Caudal regador y Caudal aforado (l/s)	Perdidas de caudal (%)
pozo	1,65	120	45	3	112,00	8,25	1,6038	1466,67	756	-26,20	-49%

Imagen 1		Imagen 2		Observaciones: Imagen 1:
				Imagen 2:
				Imagen 3:
Imagen 3		Imagen 4		Imagen 4:
				Correcciones inmediatas:

Observaciones:

Costo de instalación de riego por tubería de pvc de 10" con ventanas

Costos de la instalación del riego por goteo				
INSTALACION RIEGO POR GOTEO				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANT	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
Pozo profundo, con bomba sumergible de 75 Hp, 440V	UD	1	\$ 45.000.000	\$ 45.000.000
Estación de filtrado	UD	1	\$ 24.008.500	\$ 24.008.500
Hidro ciclones con capacidad de 30 litros c/u	UD	3	\$ 800.000	\$ 2.400.000
Tanques de gravas de 36"	UD	3	\$ 4.935.000	\$ 14.805.000
Filtros de anillos de 6"	UD	6	\$ 1.228.400	\$ 7.370.400
Válvulas de retro lavado	UD	3	\$ 1.554.000	\$ 4.662.000
Filtrón (dispositivo electrónico que acciona el retro lavado)	UD	1	\$ 1.750.000	\$ 1.750.000
Manómetros (medidores de presión)	UD	3	\$ 25.900	\$ 77.700
Medidor de caudal (Flujómetro)	UD	1	\$ 3.947.412	\$ 3.947.412
Válvula reguladora-sostenedora	UD	1	\$ 2.900.430	\$ 2.900.430
Estación de fertilización	UD	1	\$ 45.972.500	\$ 45.972.500
Tanques premezcla	UD	3	\$ 850.000	\$ 2.550.000
Motobomba eléctrica 6,7 Hp 1,5"	UD	1	\$ 2.297.800	\$ 2.297.800
Vénturi 2"	UD	1	\$ 124.098	\$ 124.098
Fertímetro	UD	1	\$ 617.900	\$ 617.900
Filtros de malla de 1"	UD	4	\$ 78.810	\$ 315.240
Mt tubería P.V.C presión 6", RDE 51	Mt	1100	\$ 3.734	\$ 4.107.400
Mt tubería PVC presión 4" RDE 51	Mt	800	\$ 10.334	\$ 8.267.200
Mt tubería PVC presión 3" RDE 51	Mt	1200	\$ 7.834	\$ 9.400.800
Mt tubería PVC presión 2" RDE 51	Mt	3400	\$ 5.834	\$ 19.835.600
Válvulas hidráulicas DOROT 3" Serie 95	UD	6	\$ 617.900	\$ 3.707.400
Válvulas hidráulicas DOROT 3" Serie 75	UD	3	\$ 444.000	\$ 1.332.000
Válvulas hidráulicas DOROT 2" Serie 75	UD	5	\$ 236.800	\$ 1.184.000
Mt Mando hidráulico (microtubo 8mm)	Mt	7500	\$ 650	\$ 4.875.000
Súper galit	UD	14	\$ 150.886	\$ 2.112.404
Piloto regulador de presión	UD	14	\$ 296.000	\$ 4.144.000
Válvula de 3 vías (SAGIV)	UD	14	\$ 47.175	\$ 660.450
Empaque de caucho (silletas)	UD	2640	\$ 550	\$ 1.452.000
Conector inicial	UD	2640	\$ 550	\$ 1.452.000
Conector cinta – manguera	UD	2640	\$ 680	\$ 1.795.200
Mt manguera ciega 16 mm calibre 35mil (manguera elevadora)	Mt	3200	\$ 750	\$ 2.400.000
Mt manguera de goteo 16 mm, goteros 0,50m, calibre 15 mil	Mt	200000	\$ 600	\$ 120.000.000
Accesorios de PVC presión (uniones, codos, adaptadores etc)	UD	98	\$ 4.500	\$ 441.000
valvula desairadora 2"	UD	10	\$ 193.621	\$ 1.936.210
valvua cinética 2"	UD	14	\$ 71.780	\$ 1.004.920
Accesorios Teefen (13x valvula)	UD	60	\$ 5.200	\$ 312.000
Barra para 8 aquative	UD	2	\$ 42.000	\$ 84.000
solenoides 24VAC para valvula Aquqnet	UD	14	\$ 92.000	\$ 1.288.000
Valvula Mariposa de Volante 6"	UD	3	\$ 945.000	\$ 2.835.000
grava basáltica para filtros	UD	51	\$ 55.000	\$ 2.805.000
			valor total materiales	\$ 356.230.563,60
			valor mano obra instalacion	\$ 40.000.000,00
			valor total	\$ 396.230.563,60
			Valor total /Ha.	\$ 12.006.986,78

Fuente. Cotización Colpozos

DESCRIPCION	UNID.	CANT	V.UNIT.	V.TOTAL
<i>Tubería Novarriego 12" (conducción – enterrada)</i>	Mts.	2400	\$ 65.432,00	\$ 157.036.800,00
<i>Tubería de Compuertas 10" X 9,17 mts</i>	UD	80	\$ 375.800,00	\$ 30.064.000,00
<i>Compuertas para Riego</i>	UD	480	\$ 4.300,00	\$ 2.064.000,00
<i>Hidrantes de 10"</i>	UD	11	\$ 544.000,00	\$ 5.984.000,00
<i>Tee de 12 X 10 EL x FL</i>	UD	7	\$ 1.020.000,00	\$ 7.140.000,00
<i>Tee de 12 X 12 X 12 EL x EL x EL</i>	UD	8	\$ 980.000,00	\$ 7.840.000,00
<i>Lubricante tarro x 500 gramos</i>	UD	4	\$ 963.000,00	\$ 3.852.000,00
<i>Hidrosellos 12"</i>	UD	62	\$ 32.000,00	\$ 1.984.000,00
<i>Juego de empaques y tronillos para hidrante 10"</i>	UD	11	\$ 33.500,00	\$ 368.500,00
<i>Protector con valvula de aire 2"</i>	UD	7	\$ 618.000,00	\$ 4.326.000,00
<i>Lubricante tarro x 500 gram</i>	UD	50	\$ 13.184,00	\$ 659.200,00
<i>Codo de 12" x 90° El x El</i>	UD	4	\$ 790.000,00	\$ 3.160.000,00
<i>Mango de 12" Novariego</i>	UD	6	\$ 235.000,00	\$ 1.410.000,00
<i>Codo de 10" x 45° S x S</i>	UD	5	\$ 254.000,00	\$ 1.270.000,00
<i>Válvula de cheque de 10"</i>	UD	1	\$ 1.825.000,00	\$ 1.825.000,00
<i>Jgo. empaque y tllos para válvula Cheque de 10"</i>	UD	1	\$ 125.000,00	\$ 125.000,00
<i>Flanche st de 10"</i>	UD	4	\$ 178.000,00	\$ 712.000,00
<i>Cono reductor de 12" x 10"</i>	UD	2	\$ 185.000,00	\$ 370.000,00
<i>Tubería metálica de 10" x 3/16 acero al carbón</i>	Mts.	18	\$ 158.000,00	\$ 2.844.000,00
<i>Acople LH hembra</i>	Mts.	1	\$ 237.000,00	\$ 237.000,00
<i>Toma Hidrante de 10" c/1 salida</i>	UD	4	\$ 975.000,00	\$ 3.900.000,00
<i>Válvula en línea p/compuerta de 10"</i>	UD	2	\$ 2.387.000,00	\$ 4.774.000,00
<i>Tapón final de compuerta de 10" con abrazadera</i>	UD	4	\$ 450.000,00	\$ 1.800.000,00
<i>Codo en línea de 90° para tubería de compuertas</i>	UD	2	\$ 735.000,00	\$ 1.470.000,00
<i>Jgo empaque y tllos para Válvula brida 12"</i>	UD	2	\$ 87.000,00	\$ 174.000,00
<i>Valvula brida de vástago ascendente de 12"</i>	UD	2	\$ 3.450.000,00	\$ 6.900.000,00
<i>Flanche standard de 12"</i>	UD	4	\$ 234.000,00	\$ 936.000,00
SUBTOTAL			\$	253.225.500
SERVICIO DE SOLDADURA	<i>Dia</i>	3	950000	2.850.000
INSTALACION DE TUBERIA	<i>Mts</i>	2400	6500	15.600.000
TOTAL A PAGAR				271.675.500
			<i>Valor/Ha</i>	\$ 8.232.591

Costos totales de levante

CONSIDERACIONES GENERALES	
TONELEDAS DE CAÑA POR HECTAREA (TCH)	115
TASA DE CAMBIO US\$	3.900
AREA NETA DEL PREDIO (HECTAREAS)	100
EDAD DE CORTE DE LA CAÑA (MESES)	13
KILOS DE AZUCAR PAGADOS POR TONELADA DE CAÑA	58
PRECIO PROMEDIO PONDERADO POR TONELADA DE CAÑA	89.000

COSTOS ESTIMADOS SOCAS 2020

COSTOS DIRECTOS/HA. EN SOCAS	\$/Ha Corte	%	TCH	Q.Q.	KA/TC	\$/TC	US\$/HA	US\$/TON
MANEJO RESIDUOS CORTE EN VERDE MECANICO CON RECTIFICADA	160.000	3,43%	1,80	2	0,91	1.391	41	0,36
SUBSUELO (MINITANDEN 2x1)	147.000	3,15%	1,65	2	0,83	1.278	38	0,33
ESCARIFICACIÓN (Subesca 2x1)	150.000	3,22%	1,69	2	0,85	1.304	38	0,33
RESIEMBRA (100 paquilha - mano de obra) 17%	380.000	8,15%	4,27	5	2,15	3.304	97	0,85
SEMILLA (100 paquetes por hectárea)	143.000	3,07%	1,61	2	0,81	1.243	37	0,32
CULTIVO APORQUE	135.000	2,90%	1,52	2	0,77	1.174	35	0,30
FERTILIZACIÓN	1.100.000	23,59%	12,36	14	6,23	9.565	282	2,45
Producto	1.000.000	21,45%	11,24	13	5,67	8.696	256	2,23
Aplicaciones (2)	100.000	2,14%	1,12	1	0,57	870	26	0,22
CONTROL ARVENSES (malezas)	229.000	4,91%	2,57	3	1,30	1.991	59	0,51
Producto	190.000	4,07%	2,13	2	1,08	1.652	49	0,42
Mano de Obra	39.000	0,84%	0,44	1	0,22	339	10	0,09
ACEQUIAS	113.000	2,42%	1,27	1	0,64	983	29	0,25
Construcción	60.000	1,29%	0,67	1	0,34	522	15	0,13
Mantenimiento (Jornales)	53.000	1,14%	0,60	1	0,30	461	14	0,12
IRRIGACIÓN 5 RIEGOS (\$250.000 / CIU) (riego con pozo profundo y ventar	1.900.000	40,75%	21,35	25	10,77	16.522	487	4,24
CONTROL BIOLÓGICO PLAGAS (producto 3 liberaciones)	90.000	1,93%	1,01	1	0,51	783	23	0,20
MANTENIMIENTO DE CALLEJONES	88.000	1,89%	0,99	1	0,50	765	23	0,20
AGOBIADA	23.000	0,49%	0,26	0	0,13	200	6	0,05
MADURANTE (aplicación y productos a cargo del ingenio)	-	0,00%	0,00	0	0,00	0	0	0,00
CONTROL COSECHA	5.000	0,11%	0,06	0	0,03	43	1	0,01
TOTAL COSTOS DIRECTOS/HA.	4.663.000	100%	52	61	26	#####	1.196	10