



# Boletín Ambiental

Distrito de riego El Juncal  
Fuente: Jhon Jairo Vargas H.

Instituto de Estudios Ambientales -IDEA- Sede Manizales

**174** | diciembre de  
2020

## Implementación de modelo operacional para mejorar el manejo del agua de sistemas de riego en conducciones abiertas

## Implementación de modelo operacional para mejorar el manejo del agua de sistemas de riego en conducciones abiertas

Jhon Jairo Vargas Hoyos

Ingeniero agrícola Universidad Surcolombiana

Ingeniero civil Universidad Cooperativa de Colombia

Especialista en riego Universidad del Tolima

Especialista en Ingeniería Hidráulica y Ambiental

Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

Candidato a magister en Ingeniería en Recursos Hidráulicos

Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

Jeannette Zambrano Nájera

Profesora asociada

PhD Ingeniería Civil

Directora Instituto de Estudios Ambientales -IDEA-

Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

Para descargar el boletín:

 [Http://idea.manizales.unal.edu.co/boletin-ambiental.html](http://idea.manizales.unal.edu.co/boletin-ambiental.html)

## 1 Introducción

El agua como recurso fundamental para la realización de actividades productivas a través del riego cobra hoy relevante importancia en cuanto a su manejo eficiente, habida cuenta de las circunstancias que se presentan y afectan significativamente su disponibilidad, como la variabilidad climática, y consecuencia de ello, la regulación de su uso en Colombia por parte de la autoridad ambiental (Rubiano, Sánchez, Moreno, y Callejas, 2015).

El distrito de riego El Juncal, situado en el municipio de Palermo, Huila, capta agua por medio de bombeo eléctrico y su oferta hídrica está garantizada; sin embargo, está obligado a hacer uso eficiente del agua debido a los altos costos que se generan por concepto de energía para impulsar cerca de 6.000 l/s a 33 m de altura, especialmente, cuando ocurre el fenómeno de El Niño, y las tarifas debido a este fenómeno sufren un drástico incremento que afecta sensiblemente el presupuesto para su funcionamiento.

El presente trabajo se desarrolló en la etapa 2 del distrito, en el Sistema del Canal Sardinata, área piloto previamente acordada con la administración del distrito; tuvo como propósito fundamental, la validación e implementación del modelo matemático lineal propuesto por Palacios vélez, 1991, que describe y explica la relación que existe entre los caudales extraídos y servidos en el sistema de conducción y distribución del agua de riego, al igual que la distribución de las pérdidas de agua en los canales; la implementación de la labor de hidrometría como actividad esencial en la operación del distrito; y el desarrollo de un sistema de información hidrométrico para la generación de información y su procesamiento a través de dicho modelo, lo cual permite conocer las condiciones en que se realiza el manejo del recurso hídrico.

El proyecto está basado en la ejecución de un conjunto de actividades previstas para una correcta operación de redes de canales, en las cuales

es necesario aplicar procesos, técnicas y procedimientos requeridos en la administración de la operación y la operación propiamente dicha de distritos y sistemas de riego en canales abiertos, de tal manera que, no solo se pueda conducir y distribuir el agua, sino que de modo simultáneo permita la evaluación de su manejo a través de la determinación de eficiencias y la estimación de las correspondientes pérdidas de agua que ocurren durante la prestación del servicio de riego a los usuarios (Pedroza González e Hinojosa Cuéllar, 2013).

## 2 Materiales y métodos

### 2.1 Localización del área de estudio

El distrito de riego El Juncal se encuentra ubicado en las coordenadas N 2°51'54" y E 75°19'30", en el municipio de Palermo, departamento del Huila. El área del distrito está localizada en la margen izquierda del río Magdalena, en el municipio de Palermo, diez (10) kilómetros al sur de la ciudad de Neiva, capital del departamento del Huila. El distrito está dividido en dos zonas o etapas; la primera etapa es de bombeo, denominada estación principal de bombeo, la cual abastece todo el distrito y riega por gravedad toda el área ubicada por debajo de la cota 475 ms.n.m.; y la segunda etapa o segunda estación de bombeo que beneficia las tierras que se hallan por encima de dicha cota, entre las cuales se encuentran las del canal Sardinata objeto del presente trabajo (ver Figura 1).

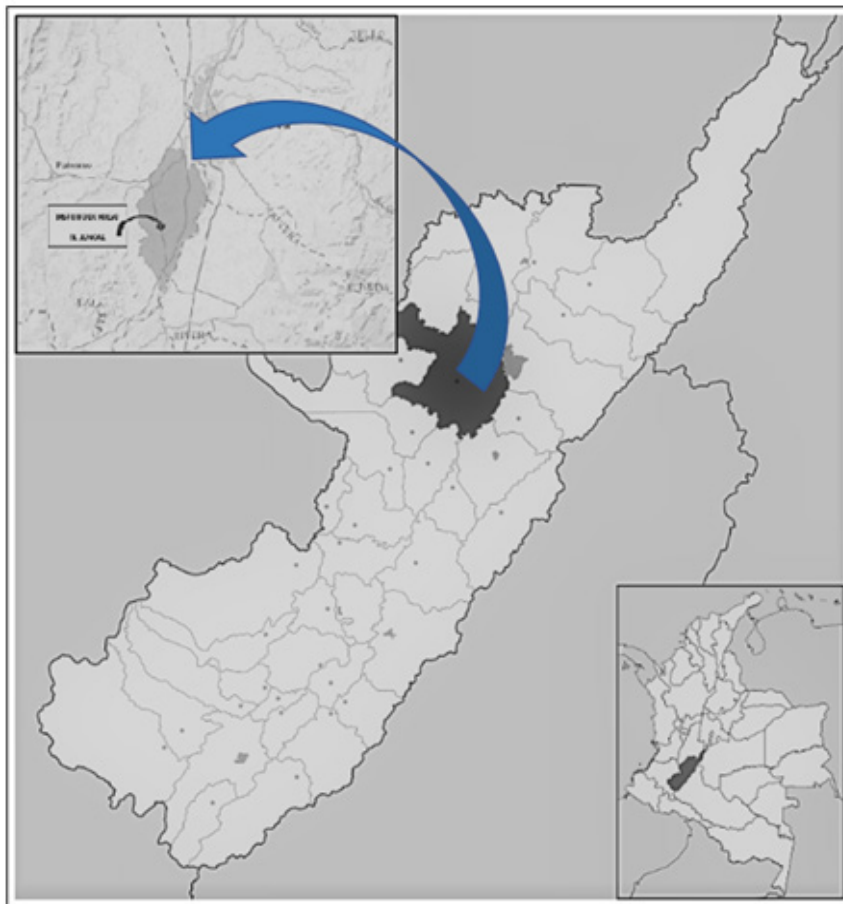


Figura 1. Localización geográfica del distrito de riego El Juncal (Palermo-Huila)  
Fuente: elaboración propia

## 2.2 Método empleado

El proyecto se llevó a cabo en dos fases: en la primera, se desarrollaron los trabajos y las labores de campo para crear el sistema de información hidrométrica y establecer el estado de su infraestructura; en la segunda, se realizó la toma de información generada por la red de hidrometría, la cual, simultáneamente, fue procesada para hacer la evaluación del manejo del agua mediante la obtención de las eficiencias y sus respectivas pérdidas de agua a partir del modelo matemático propuesto.

## 3 Resultados

### 3.1 Diagnóstico de la infraestructura hidráulica

Teniendo en cuenta la estructura operacional que presenta el área piloto se llevó a cabo la respectiva inspección de campo, con el fin de hacer reconocimiento de cada uno de los canales del área de estudio estableciendo las condiciones de su estado de conservación y mantenimiento, especialmente, en relación con las placas de revestimiento en concreto y sus juntas, como también, sus estructuras hidráulicas a través de las cuales se realiza control para la conducción y distribución del agua durante la prestación del servicio de riego a los usuarios. Las imágenes de la Figura 2 muestran las condiciones y estado de conservación del canal de Sardinata y canales laterales de distribución del agua de la zona de estudio.



Figura 2. Estado de conservación canales de la zona de estudio  
Fuente: elaboración propia

La infraestructura hidroagrícola de la zona de estudio al igual que su conservación y mantenimiento presenta canales y estructuras hidráulicas en estado satisfactorio, lo cual permite su operación sin inconvenientes para la conducción, distribución y entrega del agua de riego a los predios.

## 3.2 Aforos del agua en puntos de control

**Selección puntos de control:** el punto de control N°1, corresponde a la sección transversal del canal Sardinata localizado aproximadamente 30 m después de la descarga del bombeo al canal; los demás puntos de control (PC), se ubicaron en cada una de las estructuras hidráulicas localizadas en la cabecera de los canales laterales (ver Figura 3), las cuales son del tipo compuertas planas deslizantes.



Figura 3. Localización puntos de control canales laterales canal Sardinata  
Fuente: elaboración propia



Este control y su ubicación obedece a que el modelo matemático se basa en la relación que existe entre los caudales extraídos, es decir, los que son solicitados a partir del canal Sardinata y los servidos por los canales (laterales) que atienden las demandas de los usuarios (González y Madrid, 2015); por lo tanto, se estableció un punto de control de extracción de caudales en la cabecera del canal principal Sardinata y puntos de control de caudales servidos al inicio de cada canal lateral.

**Aforos del canal Sardinata:** se ubicó un punto de control en la sección transversal cerca a la descarga del agua de la estación 2 de bombeo (estación de rebombeo) al canal, con el fin de realizar aforos por el método de área-velocidad mediante el uso de micromolinetes. Se hicieron un total de 6 aforos con los cuales se obtuvo la curva de gasto del canal Sardinata.

**Aforos canales laterales:** debido a que las áreas hidráulicas de las secciones transversales de los canales laterales no permitieron hacer uso del correntómetro para el aforo de las compuertas, se realizaron aforos mediante el método volumétrico, para lo cual se estableció la capacidad de almacenamiento de agua en un transecto de 10 metros de longitud de los canales, hasta conseguir un tirante de 0,6 m considerado como el máximo de operación de estos, los cuales fueron diseñados y construidos con la misma sección transversal, plantilla 0,4 m y talud 1:1; parámetros estos con los que se obtuvieron los volúmenes de aforo.

### 3.3 Determinaciones curvas de gastos de puntos de control

**Curva de gasto canal Sardinata:** aunque se obtiene el mismo resultado mediante la aplicación Excel como lo muestra la Figura 4, para la construcción de la curva de caudales se aplicó el método de los promedios con base en los datos obtenidos de los aforos de caudales del canal, con lo cual se obtuvo la ecuación tipo que relaciona los valores de caudal con las lecturas del nivel del agua en la escala. Este método consiste en obtener los logaritmos de los caudales y los niveles del agua de los aforos, para luego dividir en dos partes (cada una de 3 aforos) los seis

aforos y en cada una de estas establecer sus respectivas sumatorias de los logaritmos. Con las sumas parciales de estas se estableció un sistema de ecuaciones lineales simultáneas que al ser resueltas permitieron conocer los valores medios de los parámetros  $m$  y  $c$  de la función potencial que representa dicha curva ( $Q=cd^m$ ), para lo cual se aplicaron los antilogaritmos de cada término de la ecuación.

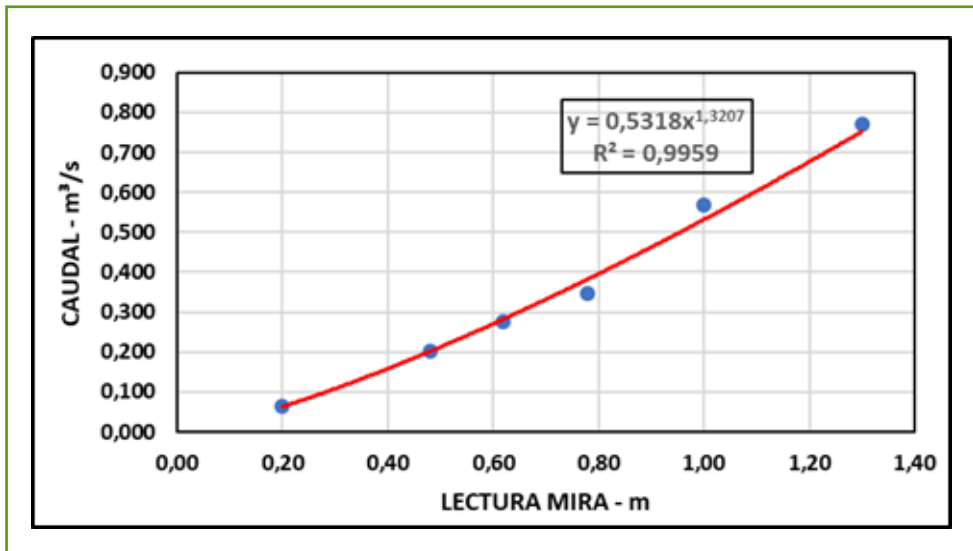


Figura 4. Curva de caudales canal Sardinata  
Fuente: elaboración propia

**Curva de gasto canales laterales:** los resultados de los aforos volumétricos obtenidos se graficaron en Excel; sobre el eje de ordenadas se ubicaron los valores de las aberturas de las compuertas y en el eje de las abscisas los de CA, calculados a partir de los caudales aforados.

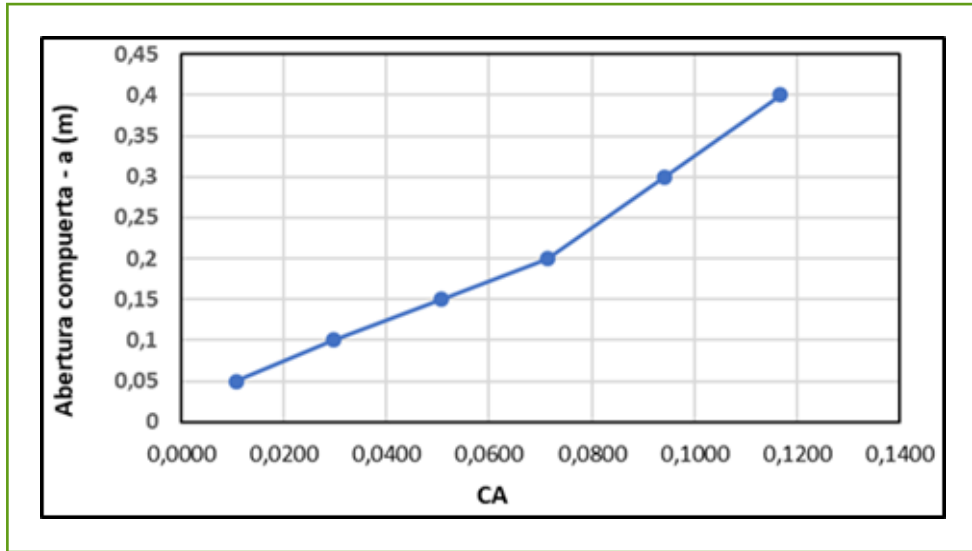


Figura 5. Gráfica de CA compuerta plana deslizante tipo 1  
Fuente: elaboración propia

La Figura 5 presenta los resultados para una de las compuertas, la Tipo 1 o de 40 cm de ancho. Se observa que la gráfica presenta dos tramos lineales cuyas rectas tienen pendiente diferente; el primero con abertura de la compuerta hasta los 20 cm, a partir de la cual el segundo tramo presenta mayor pendiente debido a las variaciones de C y A que no tienen por qué ser proporcionales (Palacios Vélez, 1981). Los caudales para estos puntos de control se obtuvieron mediante la fórmula  $Q=CA(2g(H-h))^{0,5}$  del orificio trabajando ahogado.

### 3.4 Construcción de la gráfica de eficiencias, láminas y tiempo

La Figura 6 representa el comportamiento del manejo del agua durante la operación realizada en todo el periodo de noventa días que fue monitoreado (20 de enero al 18 de abril); se pueden apreciar espacios de tiempo en cuyas fechas no hubo operación del sistema del canal Sardinata

debido al comportamiento del clima que afectó con lluvias significativas todo el distrito de riego durante esos días. Estas gráficas se construyeron también para los periodos de operación de cada mes durante todo el tiempo evaluado.

Como se puede observar en dicha gráfica, las eficiencias presentan, en general, un comportamiento muy similar con valores al inicio de semana entre el 40-60 %; luego de uno o dos días mejoran y tratan de estabilizarse debido a la experticia del canalero en maniobrar las compuertas de control del flujo de agua, hasta el sábado que se suspende el funcionamiento de bombeo a primera hora, pero se sigue prestando el servicio de riego a los usuarios y se puede apreciar que las eficiencias presentan un aumento significativo con valores cercanos al 80 %.

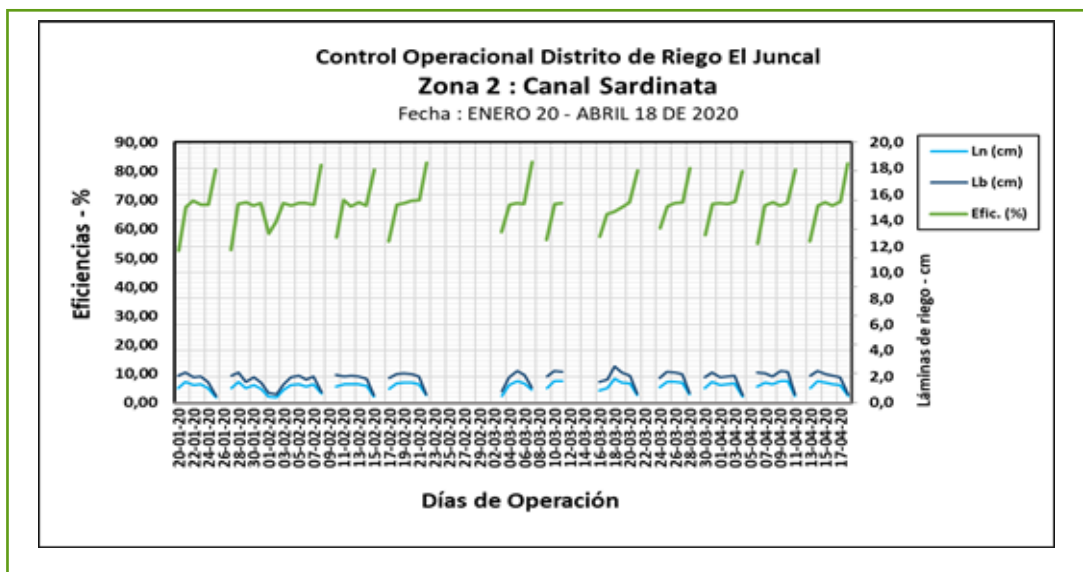


Figura 6. Gráfica de eficiencia – láminas – tiempo, del canal Sardinata  
 Fuente: elaboración propia

Lo anterior explica que la operación normal de un canal o de varios canales presenta la siguiente situación: al inicio las eficiencias son bajas debido a que el caudal extraído del canal servidor es aprovechado para llenar los vasos del canal; es decir, que a pesar de contar con cierto caudal, este no se utiliza para el servicio de riego; una vez llenos dichos vasos, en breve tiempo, las eficiencias van aumentando conforme se logra normalizar la operación del canal; una vez estabilizada la operación del canal, la eficiencia mantendrá un valor más o menos constante; finalmente, cuando se suspende el caudal de abastecimiento y se aprovecha el volumen almacenado en el vaso del canal, la eficiencia puede llegar al 100 % si se calcula correctamente el área que se beneficia con dicho volumen de agua. En cuanto a las láminas netas y brutas promedio aplicadas diariamente, se pudo establecer que estas fueron de 1,2 y 1,8 cm respectivamente.

### 3.5 Evaluación de la operación del sistema

**Determinación de las eficiencias y pérdidas de agua:** el resultado de las eficiencias del manejo y de las pérdidas de agua en el sistema del canal Sardinata se obtuvo con base en los caudales diarios extraídos de este canal, los caudales servidos a cada uno de los laterales de distribución de dicho sistema y los caudales calculados a partir de los volúmenes de agua entregados por estos, según el informe mensual de entrega de agua a los predios beneficiados con el servicio de riego, suministrado por la jefatura de operación del distrito de riego.

En la Figura 7 se muestra la función lineal de la relación del promedio de los caudales extraídos y servidos durante todo el periodo de evaluación, a partir de los cuales se obtuvieron los valores de eficiencias y pérdidas de agua ocurridas durante la operación del sistema.

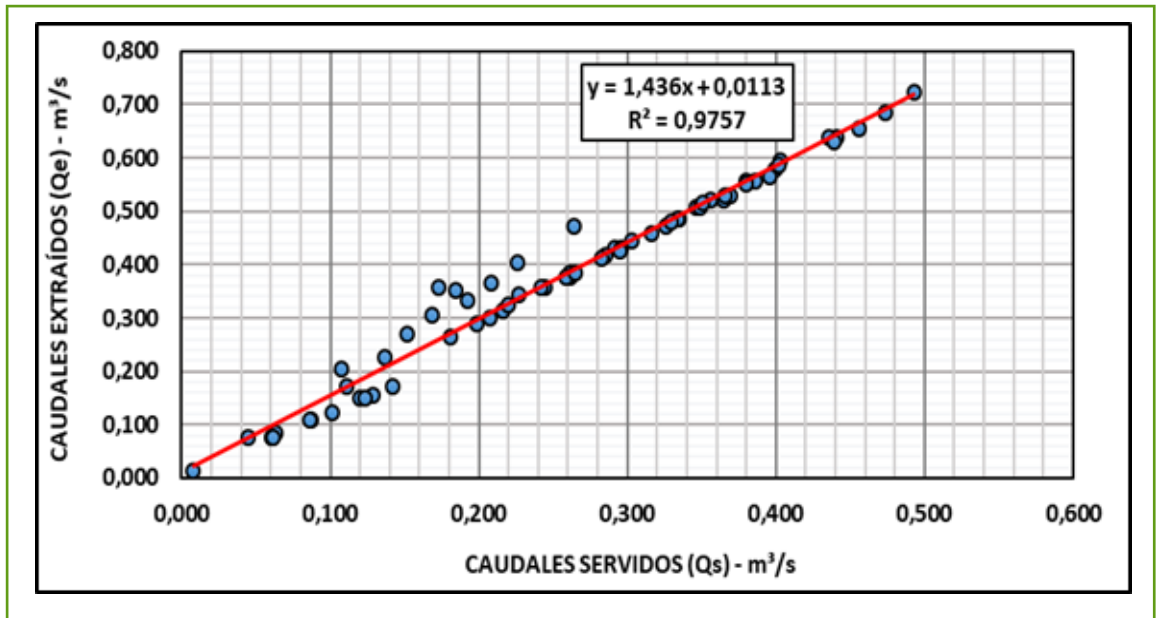


Figura 7. Función lineal de relación entre caudales extraídos y servidos, del 20 de enero al 18 de abril

De acuerdo con esta función y considerando que los caudales promedios durante el periodo de evaluación corresponden a 0,379 m<sup>3</sup>/s extraídos ( $\overline{Q_e}$ ) y 0,256 m<sup>3</sup>/s servidos ( $\overline{Q_s}$ ), el comportamiento del manejo del agua presentó la siguiente evaluación:

$$\overline{Q_e} = 1.436 * \overline{Q_s} + 0.011$$

La distribución de pérdidas de agua se establece de acuerdo con Vélez y García 1989, mediante la siguiente expresión:

$$\overline{Q_e} = \overline{Q_s} + (K \overline{Q_s} + a)$$

Donde,

$$a = 0,011 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$b = 1+K$$

$$b = 1,436$$

$$1,436 = 1+ K$$

$$K = 1,436 - 1,0$$

$$K = 0,436$$

$$0,379=0,256+(0,436*0,256+0,011)$$

$$0,379=0,256+(0,112+0,011)$$

Las pérdidas intrínsecas de agua ( $P_i$ ) corresponden al término independiente ( $a$ ) y las pérdidas operacionales o de manejo del agua ( $K \overline{Q_s}$ ) son el producto de la fracción ( $k$ ) de la unidad por el promedio del caudal servido ( $\overline{Q_s}$ ) en el periodo. La Tabla 1 contiene los valores de eficiencias y pérdidas de agua resultado de la evaluación.

Tabla 1. Valores de eficiencias y pérdidas de agua periodo evaluado

Periodo Ref.	ENERO 20 -31	FEBRERO 1-29	MARZO 1-31	ABRIL 1-30	ENE-ABR
Eficiencia Intrínseca %	91,04	96,02	97,92	99,14	97,10
Eficiencia Operacional %	73,05	70,32	68,97	68,63	69,64
Pérdida Intrínseca %	26,72	12,23	6,38	2,68	8,94
Pérdida Operacional %	73,28	87,77	93,61	97,32	91,06
Eficiencia de Conducción %	66,50	67,52	67,53	68,04	67,62

Fuente: elaboración propia

## 4 Análisis de resultados

El análisis de los resultados se hizo teniendo en cuenta aspectos que juegan papel determinante en la eficiencia con que se realiza esta labor en la operación de distritos de riego, como son: el modelo actual de operación, la experiencia del canalero o funcionario encargado de suministrar el agua y las eficiencias obtenidas de la evaluación.

Caracterización administrativa de la operación: el distrito de riego El Juncal tiene un reglamento, para lo cual, la administración presenta organizacionalmente dos instancias, la administrativa y la operacional propiamente dicha. La primera, está encargada de controlar el servicio y efectuar el cobro mediante facturación que incluye todos los gastos para el funcionamiento del distrito, como son, la nómina de personal; la conservación y el mantenimiento de toda la infraestructura; la reposición de equipos; y los costos de energía que se generan por captar, conducir y entregar los volúmenes de agua a los predios. Esta facturación se hace semestralmente con base en los volúmenes mensuales suministrados a los predios, de acuerdo con los tiempos de duración de los riegos solicitados y la dotación asignada a las tomagranjas, cuyo módulo de riego es de 3,0 l/s-ha.

Debido a los altos costos de operación y para garantizar el funcionamiento del distrito, la administración y los usuarios se han visto obligados a realizar un acuerdo de volumen mínimo de consumo, lo cual se convierte en una decisión que va en contra del manejo eficiente del agua, afectando los volúmenes realmente consumidos por los predios y por ende los de los cultivos.

El cobro de la facturación está basado en la asignación de un valor que la administración y la asamblea general de usuarios del distrito le asignan al metro cúbico (m<sup>3</sup>) de agua fijado para el 2020, el cual se presenta en la Tabla 2. Dicho valor establece una tarifa diferencial dependiendo del tipo de cultivo y las condiciones topográficas de los lotes, para los predios



que son servidos con agua de bombeo y a los que se les suministra el servicio a través del sistema de rebombeo, como es el caso del área estudiada.

Tabla 2. Tarifas de agua distrito de riego El Juncal

CONDICIÓN CULTIVO	CONSUMO MÍNIMO m <sup>3</sup> /ha			TARIFA VOLUMÉTRICA \$/m <sup>3</sup>	
	Lote sin nivelar	Lote nivelado	Soca	Bombeo	Rebombeo
Secanos	4.500	4.500	-	60	70
Arroz	10.000	9.000	8.000	60	70

Fuente: elaboración propia

Con respecto a las tarifas del agua para riego, el Gobierno Nacional les reconoce a los distritos de riego que funcionan por medio de bombeo eléctrico, un subsidio del 50 % del valor de los costos de energía, que en el caso de la administración del distrito de riego El Juncal, la tiene en cuenta para efectos de la fijación del valor del metro cúbico de agua que pagan los usuarios por la prestación del servicio de riego. Es importante resaltar que los costos de energía según la administración del distrito representan cerca del 80 % de los costos totales para su funcionamiento; por lo tanto, los distritos a través de su gremio FEDERRIEGOS, tienen que solicitarlo anualmente al Ministerio de Hacienda, toda vez que sin estos recursos dichas obras no podrían funcionar y dejarían de prestar el servicio para el cual fueron construidas (Cobacho, Pardo, y Cabrera, 2016).

**Desempeño del personal a cargo de la operación:** El manejo del agua durante el periodo de operación evaluado es el resultado exclusivo de la manera como el funcionario a cargo de esta labor realiza los cálculos de los caudales requeridos y las maniobras pertinentes de las estructuras de control del agua, para satisfacer la solicitud de servicio de los usuarios. Este caudal a manejar en el canal es calculado por el canalero de acuerdo con el módulo de riego antes mencionado, el número de predios y sus respectivas hectáreas de riego.

Es importante resaltar que el caudal manejado, realmente corresponde a la maniobra realizada sobre la compuerta, que este, de acuerdo con un patrón de memoria personal basado en su experticia, considera suficiente para atender sin problemas el servicio solicitado (Mojarro, Luna, González, Hernández, y Rubio, 2009). Sin embargo, el hecho de que se presenten reclamos por parte de usuarios en la prestación del servicio, seguramente, radica en la entrega del agua a los predios, la que se hace mediante caudales que no tienen medición y control permanente en las tomas prediales; por lo tanto, la falta de agua que se presenta en algunas ocasiones, en realidad no se pierde, sino que su entrega en las tomas prediales no se realiza de forma equitativa.

**Valoración de las eficiencias y pérdidas de agua:** la Tabla 1 muestra los resultados de la evaluación realizada por periodos de cada mes y durante todo el tiempo de evaluación. No se conoce información acerca de las eficiencias y su distribución de pérdidas de agua de los distritos de riego en la región o el país, por tanto, no es posible hacer un análisis comparativo de las cifras obtenidas y presentadas en dicha tabla; sin embargo, teniendo en cuenta los valores considerados por Pedroza González e Hinojosa Cuéllar, 2013, quienes dicen que según Luján (1992), las pérdidas por evaporación se sitúan en promedio entre el 0.25 y 3 %; las de infiltración alrededor de 12 % y las de operación presentan una gran variedad de manejo y distribución del agua en distritos de riego que van desde el 2 % hasta un 50 %; se puede decir que en el caso de las eficiencias ambas son aceptables ya que las operacionales son cercanas al 70 % y las intrínsecas son superiores al 95 %. En cuanto a la distribución de las pérdidas de agua, las intrínsecas, considerando todo el periodo de los 90 días de operación, arrojan un valor de 8,94 % muy por debajo del 15 %, valor este representado por la suma de la cifra más alta de evaporación y la de infiltración; en relación con las pérdidas de agua operacionales, los resultados en todos los periodos evaluados registran valores muy altos que son preocupantes, toda vez que están muy por encima del 50 %.

Lo anterior podría significar que, debido a la falta de procedimientos de cálculo más rigurosos y pertinentes durante la programación y la distri-

bución del agua, en esta última labor, por lo general, se extraiga mayor cantidad de agua que la demandada y en la entrega predial se reparta de tal manera, que mucha parte de esta no sea registrada o que sea tomada de manera fraudulenta afectando el ingreso de recursos económicos (Paz, Arasa, Llopis, y Sandoval, 2014), toda vez que muchas compuertas de las tomas prediales presentan condiciones deficientes, son manipuladas o alteradas por los usuarios.

## 5 Conclusiones

El modelo operacional propuesto consiste en la aplicación de técnicas y procedimientos sencillos que, de acuerdo con las condiciones económicas del distrito, no requiere de desarrollos tecnológicos costosos en infraestructura, sino la utilización de conocimientos existentes sobre cómo realizar el control del agua y generar la información adecuada para ser sistematizada y evaluada.

La evaluación de todo el periodo estudiado de enero a abril arrojó resultados de eficiencias y pérdidas de agua intrínsecas de 97,10 % y 8,94 % respectivamente; para las operacionales 69,64 % y 91,06 % respectivamente, registrándose una eficiencia de conducción de 67,62 %, cuyos valores se encuentran dentro de los rangos establecidos por otros autores para la operación de distritos con canales revestidos.

El manejo del agua en la zona estudiada presenta eficiencias y pérdidas de agua operacionales que son de mayor importancia que las intrínsecas, lo cual refleja en las primeras, la falta de aplicación de procedimientos técnicos más rigurosos de la operación en la programación y entrega del agua.

El control y medición del agua durante la operación, encaminados a establecer las eficiencias de su utilización es muy importante porque su mejoramiento contribuye, en la utilización del agua, al manejo sostenible de las actividades productivas bajo riego y la disminución de los costos de energía.

La operación de los distritos de riego en la región en relación con la planeación, programación y distribución para la entrega de agua a los usuarios presenta en términos generales el mismo modelo, el cual se realiza bajo procedimientos que no se basan en la hidrometría, sino en la memoria personal de los funcionarios a cargo de esta actividad.

La ley de uso eficiente y ahorro del agua obliga a los distritos de riego a la presentación de los Programas de Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA) ante la autoridad ambiental correspondiente; por lo tanto, la medición de este recurso indispensable en las actividades productivas de los distritos de riego se hace necesaria bajo un sistema de información hidrométrico que permita el monitoreo del agua a fin de establecer las eficiencias y sus respectivas pérdidas durante la actividad de operación.

El mejoramiento de las eficiencias de manejo del agua en la red de canales del distrito de riego El Juncal contribuye en buena medida a mejorar los ingresos por concepto del servicio de riego, toda vez que el aumento de su porcentaje representa un valor económico debido a las cantidades de metros cúbicos de agua no contabilizada, cuyo monto es el producto de esta por el valor de su tarifa.

## Referencias

Cobacho, R., Pardo, M. A., & Cabrera, E. (2016). Necesidad de mejorar La Eficiencia en la distribución y el uso de agua y energía. (February 2014), 1–13.

González, J. M. Á., & Madrid, C. S. C. (2015). Evaluación de las pérdidas de agua por filtración en un canal de tierra y su efecto económico en los costos de producción agrícola, sector Valdivia Alta- ramal I Valle de Santa Catalina Moche- Trujillo. 79.

Mojarro, B. D. L., Luna, J. R., González, J. Á. G., Hernández, V. P., & Rubio,

B. R. (2009). La medida del agua en la operación de distritos de riego. (october 2009).

Palacios Vélez, E. (1981). Manual de operación de distritos de riego (Tercera). México: Patronato Universitario de la UACH.

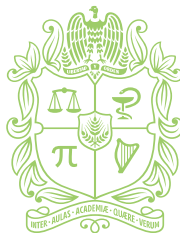
Palacios Vélez, E. (1991). La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada. *Tecnología Y Ciencias Del Agua*, V(2), 177–183.

Paz, M. Á., Arasa, E. C., Llopis, M. M., & Sandoval, C. V. (2014). La Eficiencia en los Sistemas de Distribución: Revisión sobre la gestión del agua no registrada. *Aquae Papers*.

Pedroza González, E., & Hinojosa Cuéllar, G. A. (2013). Manejo y distribución del agua en distritos de riego: Breve introducción didáctica.

Rubiano, E. Q., Sánchez, L. D., Moreno, D., & Callejas, D. (2015). Proyecto de uso Eficiente y Ahorro de Agua en Colombia (Vol. 1).

Vélez, E. P., & García, A. E. (1989). Introducción a la teoría de la Operación de Distritos y Sistemas de Riego (Tercera). Montecillo: Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas.



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

Instituto de Estudios Ambientales - IDEA -  
Teléfono: 8879300 Ext. 50190  
Cra 27 #64-60 / Manizales - Caldas  
<http://idea.manizales.unal.edu.co>  
[idea\\_man@unal.edu.co](mailto:idea_man@unal.edu.co)

**Edición, Diseño y Diagramación:** IDEA Sede Manizales  
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales