

Escenario de demanda hídrica agrícola para la optimización del riego de los pequeños productores de la zona plana de la cuenca del río Guabas.

Scenario of agricultural hydric demand for the irrigation optimization for small producers from the flat lands of the Guabas river basin

Recibido: 01-10-2012 Aceptado: 14-11-2012

SARA MARCELA PAZ¹
VALENTINA MUÑOZ AGUDELO²
ANDRÉS FERNANDO ECHEVERRI S³
NORBERTO URRUTIA COBO⁴

Resumen

La Asociación de Usuarios de la Cuenca del río Guabas (ASOGUABAS), en convenio con el grupo de investigación "Gestión integral del riego para el desarrollo agrícola y la seguridad alimentaria (REGAR)" de la Universidad del Valle, realizaron un estudio para la determinación de la demanda hídrica de los pequeños productores de la zona plana de la cuenca hidrográfica del río Guabas, como un primer paso con miras a un uso eficiente del agua.

Se acopió información climática y cartográfica de zona plana de los municipios de Guacarí y Ginebra, departamento del Valle del Cauca. Posteriormente se determinó la zona agrícola de cada predio mediante el uso de tecnología de geoposicionamiento global. Se calcularon las necesidades hídricas de los cultivos, el aporte de la precipitación, las necesidades de riego y la demanda hídrica mensual.

Los resultados indican que de acuerdo con el comportamiento de la evapotranspiración y la precipitación de la zona de estudio, se presentan dos épocas de necesidades de riego asociadas a los periodos de lluvia (comportamiento bimodal). Además se identificó que la demanda actual es alta debido a la deficiente infraestructura de conducción y distribución de agua existente; es así como a pesar de tener métodos de riego localizado a nivel predial se presenta un módulo crítico de riego de 1.09 ls^{-1} . En función de lo anterior se realizó la simulación de un escenario de demanda con aumento de los valores de las eficiencias del sistema de conducción y distribución de agua para riego y se obtuvo un módulo crítico de $0,51 \text{ ls}^{-1}$, el cual es considerablemente menor al valor inicial, lo que demuestra que es posible disminuir la demanda con intervenciones sobre la infraestructura de riego actual.

Palabras clave: Demanda hídrica, eficiencias de riego, pequeños productores rurales

Abstract

The Association of Users of the Guabas River basin (ASOGUABAS), in agreement with the research group on integral management of irrigation for agricultural development and food security (WATER) from Univer-

¹ Ingeniera Agrícola, Universidad del Valle
² Ingeniera Agrícola, Universidad del Valle
³ Ingeniero Agrícola MSc. Universidad del Valle
⁴ Ingeniero Agrícola, PhD. Universidad del Valle. norberto.urrutia@correounivalle.edu.co. Cel: 3122577516. Dirección: cra 85B No 17-104 Cali Grupo de investigación REGAR

alidad del Valle, conducted a study to determine the water demand of small producers from the flat area of the drainage basin of the Guabas River, as a first step toward efficient use of water.

Climatic and cartographic information was collected of the flat area of the municipalities of Guacarí and Ginebra, department of Valle del Cauca. Subsequently, the agricultural zone of each property was determined by using geo-global positioning technology. The water needs of crops, contribution of rainfall, needs of irrigation, and water demand on a monthly level were calculated.

Results indicate that, according to the behavior of the evapo-transpiration and precipitation in the study area, two times of irrigation needs exist associated to rain periods (bimodal behavior). In addition, it was identified that the current demand is high due to the poor state of infrastructure in existing water distribution channels; hence, despite having irrigation methods located on the farms, a critical module of irrigation of 0.85 ls-1 is present. On the basis of the above, a simulation of a scenario of demand improving the efficiencies of the transmission and distribution system of irrigation water was performed and a critical module of 0.4 ls-1 was achieved.

Key words: Water demand, irrigation efficiencies, small rural producers.

Introducción

Actualmente se vive una competencia intensa entre los diferentes sectores de usuarios por los cada vez más escasos recursos hídricos disponibles. Muchas cuencas hidrográficas no tienen agua suficiente para atender todas las demandas. La producción de alimentos y otros productos agrícolas absorbe el 70% de las captaciones de agua dulce de ríos y aguas subterráneas, razón por la cual la agricultura se convierte en el sector económico de mayor demanda hídrica. Esto debido a que la irrigación es la actividad que más agua dulce del planeta consume. Al asegurar el abastecimiento de agua, el regadío garantiza los cultivos y anima a los agricultores a invertir en un tipo de agricultura más productiva (IWMI y FAO, 2008). En el caso específico de Colombia, el uso del agua en el sector agropecuario representa el 60.2% del recurso disponible (Tabla 1). En general, se estima que el 26% de esta demanda se extrae de los sistemas naturales y no se usa. El Valle del Cauca demanda 667.42 mm³ al año, de los cuales, se usan efectivamente solo 433.82 mm³, para una eficiencia de 64% (IDEAM, 2010), siendo los sistemas de conducción, distribución y aplicación de agua los factores principales de la baja eficiencia.

Tabla 1. Demanda hídrica por sector en Colombia

SECTOR	TOTAL (mm ³)	PARTICIPACIÓN (%)
SERVICIOS	528	1,5
INDUSTRIA	1577	4,4
PECUARIO	2220	6,2
ACUICOLA	2584	7,2
DOMESTICO	2606	7,3
ENERGIA	6976	19,4
AGRICOLA	19386	54
TOTAL	35877	100

Fuente: IDEAM (2010)

Situaciones como ésta han motivado la creación de organizaciones que velan por el manejo integral del recurso hídrico, las cuales son encargadas de responder a las necesidades de los agricultores, de disponer de un suministro flexible y seguro de agua, una gestión más transparente y un equilibrio entre eficiencia y equidad en el acceso al recurso hídrico. Para ello, es necesaria la modernización de las infraestructuras física y organizacional y una mejora de las capacidades técnicas de los agricultores y de los gestores del agua. Por esta razón ASOGUABAS, Asociación a cargo del manejo de la cuenca del río Guabas, ubicada en el centro del departamento del Valle del Cauca (municipios de Ginebra y Guacarí); emprendió el programa de conservación y recuperación de la cuenca para lograr la optimización del recurso hídrico, del cual hace parte el presente estudio que pretende aportar elementos al desarrollo de un minidistrito de riego, y de manera específica, realizar una aproximación integral y técnica a la cuantificación de la demanda hídrica agrícola y su variación temporal en función de los cultivos, las variables climáticas y las eficiencias de los métodos de riego.

Lo anterior enmarcado en la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (MAVDT, 2010), en la cual se diagnostica el estado actual del recurso, se conceptualiza y se plantean los principios, los objetivos y las líneas de acción estratégica de la política. Entre los principios se destacan los siguientes: el agua como bien

público, uso doméstico como uso prioritario, factor de desarrollo, integralidad y diversidad, la cuenca como unidad de gestión, ahorro y uso eficiente en todas las actividades, participación y equidad en el acceso al recurso y acceso a la información e investigación. El objetivo general de la política considera “Garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz, articulados al ordenamiento y uso del territorio y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica, considerando el agua como factor de desarrollo económico y de bienestar social, e implementando procesos de participación equitativa e incluyente”, donde queda claro que la eficiencia en el uso del recurso hídrico es trascendental, más aún en el sector que usa el mayor porcentaje.

Por otro lado, esta iniciativa responde a los lineamientos planteados en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Guabas (CVC y ASOGUABAS, 2009) que identifica la gestión y optimización del uso del agua en el sector agrícola como prioritario. El objetivo general del presente estudio fue evaluar los escenarios de demanda hídrica para riego de los pequeños productores de la zona plana de la asociación ASOGUABAS, como herramienta para la planificación del recurso hídrico en la Cuenca del Río Guabas.

Metodología

El procedimiento metodológico que se llevó a cabo se describe a continuación de manera lógica y secuencial, con las especificaciones técnicas pertinentes para cada fase. Inicialmente se acopió información secundaria de la zona de estudio: Datos mensuales multianuales de temperaturas, brillo solar, humedad relativa, evaporación, velocidad del viento de al menos once años, datos diarios de precipitación de al menos once años a nivel diario o decadal y cartografía básica y temática de la cuenca.

Se llevó a cabo el levantamiento predial de la zona agrícola del predio de cada usuario de la zona plana que fue considerado por ASOGUABAS como pequeño productor (extensión menor a 5 ha). Este levantamiento se realizó con sistemas de posicionamiento global (GPS), posteriormente se determinaron las áreas y se generaron los planos prediales.

Se seleccionaron estaciones con datos de precipitación que cumplieron los siguientes criterios: ubicadas en la cuenca Guabas, en las cuencas vecinas, registro de información mayor a diez años, y polígonos de Thiessen con área de influencia sobre la cuenca. Las estaciones que cumplieron los cuatro criterios fueron: Aujá, La Ceja, Costa Rica, La Selva, Acueducto de Buga y La Patagonia, las cuales disponían de información del periodo 1988 a 2009.

La definición de estaciones para el cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_o) se realizó mediante la

aplicación de los siguientes criterios: estaciones ubicadas en la cuenca Guabas o en cuencas vecinas, estaciones con periodos de información mayores a diez años, estaciones con información de mínimo las siguientes variables: humedad relativa y temperatura, estaciones cuyo polígono de Thiessen presenta área de influencia en la cuenca del río Guabas. Las estaciones que cumplieron los criterios fueron las siguientes: Monteloro, Ginebra y Guacarí, con información del periodo 1990 a 2009.

Constantemente los datos obtenidos a partir de estaciones climatológicas presentan una inconsistencia o faltantes debido a los imprevistos que se pueden presentar durante la obtención diaria de datos. El método seleccionado para complementar los datos faltantes es conocido como “Completación por Regresión Lineal” o Análisis de Dobles Masas. Este método es uno de los más utilizados y consiste en estimar los datos faltantes de una estación Y a partir de los datos de una estación confiable X (Jiménez, 1992). La estación de referencia para la estimación de datos faltantes fue la estación La Selva, ubicada en la cuenca del río Guabas. La precipitación efectiva se calculó de acuerdo con la USDA (Ven Te Chow, 2000) con la siguiente expresión:

$$Pe = P \left[\frac{125 - (0,2P)}{125} \right]$$

Donde:

Pe: Precipitación efectiva (mm/mes);

P: Precipitación media mensual para cada periodo (mm/mes).

Sobre las series mensuales multianuales de precipitación efectiva resultantes de los anteriores cálculos se realizó un análisis de probabilidad de excedencia tipo Weibull (Urrutia y Echeverri, 2007). El modelo se define con la siguiente expresión:

$$pb = \left[\frac{n}{m + 1} \right] \times 100$$

Donde:

Pb: probabilidad de excedencia de un evento (%)

n: Número de orden de cada fila de la serie mensual multianual ordenada de mayor a menor

m: Número de años de información mensual multianual.

Para el cálculo de la precipitación efectiva representativa de la cuenca se seleccionó la serie de precipitación con probabilidad de excedencia más cercana al 80% de cada estación seleccionada, se aplicó la metodología de polígonos de Thiessen, la cual se define por la siguiente expresión matemática:

$$P_{ec} = \frac{\sum P_i A_i}{AT}$$

Donde:

Pe: precipitación efectiva representativa de la cuenca (mm/mes)

AT: Área total del cuenca (ha)

Pi: Precipitación de la estación i (mm/mes)

Ai: área del polígono correspondiente a la estación i (ha)

La evapotranspiración de referencia (ET_o) se calculó por el método de Hargreaves (FAO, 2004). La expresión para su cálculo se presenta a continuación:

$$ET_o = 0,0023 (T_{media} + 17.8) (T_{max} - T_{min})^{0.5} R_a$$

Donde:

ET_o: Evapotranspiración de referencia (mm/día)

R_a: Radiación solar extraterrestre (MJm⁻²d⁻¹)

T_{max}, T_{min}: Temperatura máxima y mínima mensual en °C

T_{med}: Temperatura media mensual en °C

La evapotranspiración del cultivo (ET_c) se calculó de acuerdo con la expresión de la FAO (2006), la cual se presenta a continuación:

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

Donde:

ET_c: Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

ET_o: Evapotranspiración de referencia (mm/día)

K_c: coeficiente del cultivo

El valor de K_c utilizado en la ecuación anterior corresponde al ponderado de los valores máximos del K_c de los cultivos de la zona. Se utilizó el valor de K_c máximo en cada caso con el objetivo de flexibilizar la fecha de siembra de los cultivos, lo que facilitaría a los agricultores planear una producción continua que permita acceder a mejores precios y sostener alianzas comerciales con almacenes de cadena.

Los valores diarios de ET_o fueron llevados a datos mensuales. Sobre las series mensuales multianuales de ET_c se hizo el mismo análisis probabilístico realizado sobre la precipitación efectiva. Para cálculo de la ET_c representativa de la cuenca se aplicó de igual manera la metodología de polígonos de Thiessen. La serie de ET_c seleccionada fue la del 50% de probabilidad de excedencia. La necesidad de riego se definió como la diferencia entre el requerimiento del cultivo y el aporte de la precipitación (Urrutia y Echeverri, 2007). El cálculo se efectuó de acuerdo con:

$$NR_n = ET_c \times P_e$$

Donde:

NR_n: Necesidad de riego neta (mm/mes)

ET_c: Evapotranspiración del cultivo representativa de la cuenca con 50% de probabilidad de excedencia (mm/mes)

Pe: Precipitación efectiva representativa de la cuenca con 80% de probabilidad de excedencia (mm/mes)

El caudal neto requerido en un proyecto de riego, debe ser incrementado en una cantidad adecuada, de tal forma que se puedan compensar las pérdidas por aplicación, distribución, conducción y almacenamiento del agua de riego (Jaramillo, 2010). La eficiencia del proyecto se calculó como:

$$E_p = E_c \times E_d \times E_a$$

Donde:

E_p: Eficiencia del proyecto

E_c: Eficiencia de conducción

E_d: Eficiencia de distribución

E_a: Eficiencia de aplicación

A partir de las necesidades netas de riego y de la eficiencia del proyecto, se calculan las necesidades totales de riego (NR_t) mediante la relación:

$$NR_t = \frac{NR_n}{E_p}$$

Para el cálculo del caudal demandado para la actividad del riego por unidad de área se utiliza la expresión de caudal de flujo continuo, la cual se presenta a continuación.

$$M_{fc} = 0.1157 \times NR_t$$

Donde:

M_{fc}: Módulo de riego (lt/seg-ha)

NR_t: Necesidad de riego total (mm/día)

El caudal en flujo continuo es la demanda de agua necesaria para que determinado cultivo se desarrolle en óptimas condiciones, se calcula para cada década y es la relación entre el modulo de riego y el área del proyecto. La expresión por la cual se estima es la siguiente:

$$Q_{fc} = M_{fc} \times A$$

Donde:

A: Área del proyecto (ha)

M_{fc}: Módulo de riego (lt/seg-ha)

Q_{fc}: Caudal demandado en flujo continuo (lt/seg)

Resultados y Análisis

Mediante el levantamiento predial se georreferenciaron en total **147 predios**, 90 en el municipio de Ginebra y 56 en Guacarí; que suman un área total de **113,265 ha**. El 98,5% de los predios tienen áreas menores a 5 ha y el 75% tienen áreas menores a 1 ha. De acuerdo con el levantamiento predial, los cultivos predominantes en la zona de estudio son uva Isabella que representa el 27,27% del área, maracuyá 18,18%, maíz con el 10,05%, pasto de corte 7,18% y cítricos que comprende los cultivos de limón, mandarina y naranja, con 6,22%. De acuerdo con la ponderación de los coeficientes de los cultivos mencionados (tomados de FAO, 2004), el valor estimado para Kc es de 0,97 (Muñoz y Paz, 2011).

Por otro lado, el análisis de precipitación muestra que en la zona de estudio se presenta un comportamiento bimodal, típico del suroccidente del país (Ver Figura 1); el cual se caracteriza por dos épocas de lluvias en el año, las cuales corresponden a los períodos marzo-mayo y octubre-noviembre.

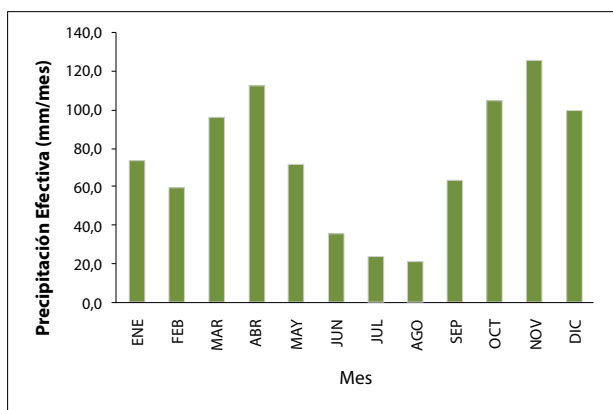


Figura 1. Precipitación efectiva cuenca Guabas

Los resultados del cálculo de la evapotranspiración muestran un comportamiento relativamente alto comparado con la precipitación (Ver Figura 2).

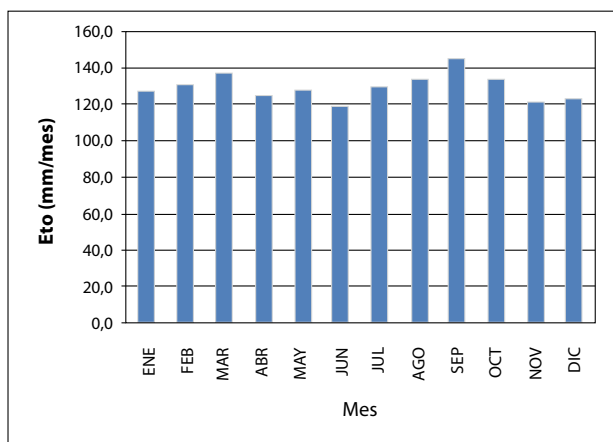


Figura 2. Evapotranspiración real cuenca Guabas

En la Figura 3 se presentan los resultados de descontar la precipitación efectiva de los requerimientos hídricos del cultivo. De acuerdo con estos resultados se puede asegurar que se presentan dos periodos marcados de necesidad de riego (enero-febrero y junio-septiembre), los cuales están fuertemente asociados a las dos temporadas secas identificadas en el análisis de precipitación y a los mayores valores de evapotranspiración.

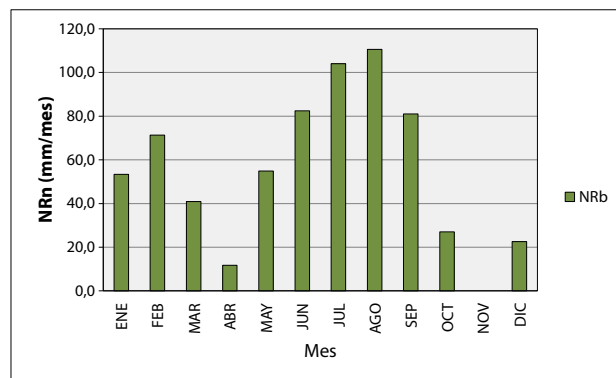


Figura 3. Necesidades netas de riego en mm/mes

Demanda hídrica actual

En la Tabla 2 se presentan las eficiencias del proyecto de acuerdo con las características técnicas actuales de la conducción, distribución y aplicación de agua. Según la tabla, la eficiencia del proyecto se estima en **37,8%**, valor considerado bajo, pero se explica en el contraste de una alta eficiencia de aplicación predial con una baja eficiencia de conducción y distribución en canales abiertos sin recubrimiento. Los principales problemas presentados son infiltración y evaporación en los canales de conducción y adicionalmente desvío de caudal, pérdidas en estructuras de reparto proporcional en los canales de distribución y fugas en la cola de los mismos.

Tabla 2. Eficiencias del proyecto

Componente	Observaciones	Eficiencia
Conducción	Conducciones abiertas (Canales en tierra) con secciones irregulares. Procesos de infiltración y evaporación.	60%
Distribución	Conducciones abiertas (Canales en tierra) con secciones medianamente regulares y estructuras de reparto en estado de avanzado deterioro.	70%
Aplicación	Riego localizado de alta frecuencia (goteo). Tuberías de PVC y mangueras de polietileno.	90%

Tabla 3. Módulo de riego actual

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ETo	132,2	136,6	142,3	129,3	132,1	123,5	133,4	138,1	150,1	137,0	126,0	126,9
kc pond	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
ETc	128,2	132,5	138,0	125,5	128,1	119,8	129,4	133,9	145,6	132,9	122,2	123,1
Pe	74,9	61,2	97,1	113,7	73,2	37,4	25,5	23,4	64,6	105,8	126,5	100,5
NRn	53,3	71,3	40,9	11,7	54,9	82,5	104,0	110,5	81,0	27,0	-4,3	22,5
EP	0,378	0,378	0,378	0,378	0,378	0,378	0,378	0,378	0,378	0,378	0,378	0,378
NRt	141,1	188,6	0,0	0,00	145,2	218,1	275,0	292,4	214,4	0,0	0,0	0,0
Mfc	0,53	0,78	0,00	0,00	0,54	0,84	1,03	1,09	0,83	0,00	0,00	0,00

En la Tabla 3 se presentan las Necesidades Totales de Riego (NRt), considerando la eficiencia del proyecto en las condiciones actuales. Los valores conservan el comportamiento de las necesidades netas de riego (NRn), es decir dos periodos de demanda con valores críticos en los meses de julio y agosto. De igual manera, en la Tabla 3 se revelan los módulos de caudal para cada mes con las condiciones actuales. Se puede observar que la crítica para la demanda hídrica corresponde al mes de Agosto, en el que se presenta un módulo de riego de 1.09 lt/seg-ha.

El valor del módulo de demanda obtenido para el periodo crítico es un indicador de la baja eficiencia de conducción y distribución del recurso hídrico. En la Figura 4 se muestran los datos del caudal total demandado en flujo continuo para cada mes.

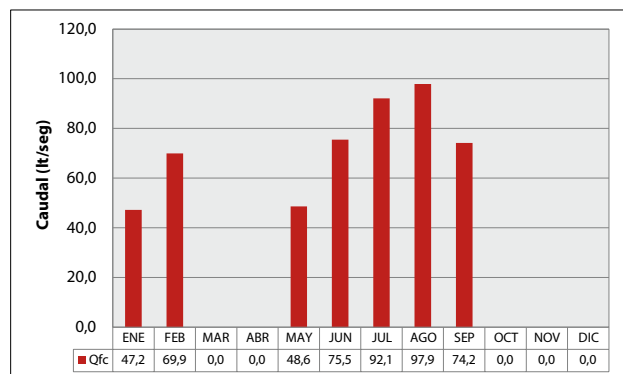


Figura 4. Caudal demandado por el proyecto en flujo continuo.

Con lo observado en la Figura 4 se reconfirma que la demanda hídrica está asociada a los periodos de menores precipitaciones, concentrándose en los meses de enero-febrero y mayo- septiembre; agosto es el mes de mayor demanda (97.9 l/seg-ha). Así mismo se identificó que la demanda hídrica del proyecto es alta si se tiene en cuenta el método de riego utilizado para su aplicación a nivel predial. Lo anterior conlleva la inminente necesidad de aumentar la eficiencia de conducción y distribución de agua para uso agrícola.

Escenario de demanda hídrica deseada

Para disminuir las necesidades totales de riego se requiere la optimización de la infraestructura hidráulica que poseen actualmente los usuarios de ASOGUABAS, es decir, mejorar el sistema de conducción, distribución y aplicación del agua para riego. A continuación se presenta la evaluación para un sistema cerrado (tuberías PVC) en el cual las pérdidas de agua son mínimas (Muñoz y Paz, 2011). En la Tabla 4 se observan las nuevas eficiencias de cada componente.

Tabla 4. Eficiencias del sistema para escenario de demanda deseada

Componente	Observaciones	Eficiencia
Conducción	Conducciones cerradas (Tubería de PVC)	95%
Distribución	Conducciones cerradas (Tubería de PVC)	95%
Aplicación	Riego localizado de alta frecuencia (goteo). Tuberías de PVC y polietileno.	90%

Alcanzar los nuevos valores de eficiencia implica considerar acciones de orden socio-económico, las cuales requieren de su implementación para mejorar la eficiencia total del proyecto. En el caso de la eficiencia de conducción el cambio de conducciones abiertas a cerradas conlleva una importante inversión por parte de los usuarios, quienes deberían considerar alternativas viables para la obtención de los recursos necesarios, al igual que hacer de su actividad agrícola una gestión lo más rentable posible. La mejora de la eficiencia de distribución no solo implica una inversión de recursos en la mejora e innovación de las redes de distribución e infraestructura de obras de reparto, sino también una mejora de los esquemas estructurales organizativos para el manejo del agua, uso eficiente de la misma, la administración y operación de todo el sistema de riego; esto implica formación y potenciación de la capacidad de gestión de la organización.

La nueva eficiencia general del sistema sería 81,22%. Este valor tiene implicaciones directas en las necesidades totales de riego (NTr), el módulo de riego (Mr) y el caudal en flujo continuo (Qfc). En la Tabla 5 se presentan los módulos de riego obtenidos para el escenario de demanda deseada.

Comparando los valores alcanzados en las Tablas 3 y 5 se puede observar que un mejoramiento de la infraestructura de conducción y distribución de agua disminuye su demanda. El módulo de riego del escenario de demanda deseada es de 0,51 l/seg-ha, aproximadamente el 50% de la demanda actual. Lo anterior indica que un mejoramiento de la infraestructura de conducción y distribución de agua significaría un ahorro del 50% del agua requerida para el riego. En la Figura 5 se muestra gráficamente el caudal de flujo continuo demandado actualmente y el resultante del escenario de demanda deseada.

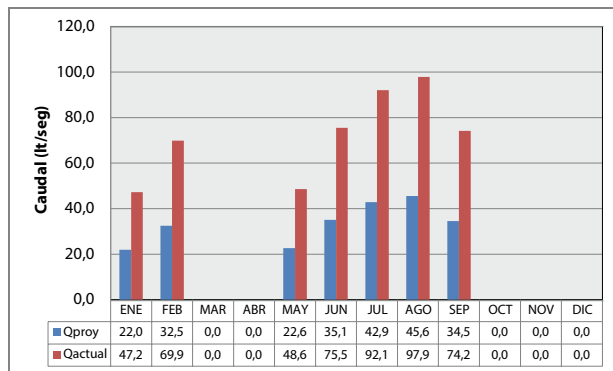


Figura 5. Caudal demandado actual y deseado (flujo continuo)

Conclusiones

La precipitación de la zona de estudio muestra el comportamiento típico del suroccidente del país, es decir, obedece a un comportamiento bimodal (dos periodos de sequía y dos de lluvia). En contraste, la evapotranspiración se comporta relativamente constante, lo cual indica que la demanda hídrica crítica está asociada a los periodos de menores precipitaciones (entre enero y febrero y entre junio y agosto).

El análisis de la variación temporal de las necesidades netas de riego (Figura 3) induce la posibilidad de optimizar el uso del recurso hídrico mediante el almacenamiento de los excesos de humedad en los meses de octubre, noviembre, diciembre y abril que podrían ser utilizados en épocas de déficit de recurso hídrico.

La demanda hídrica del proyecto es alta si se tiene en cuenta el método de riego utilizado para la aplicación del riego a nivel predial, esto debido a la baja eficiencia de la actual infraestructura de conducción y distribución, la cual por sus características permite la pérdida del agua captada en la fuente, haciendo del sistema en general muy poco eficiente (37,8%).

De acuerdo con la simulación del escenario de demanda deseada se concluye que un mejoramiento de la infraestructura de conducción y distribución del agua (conducciones cerradas) disminuiría la demanda en poco más del 50%, pues en la actualidad se tiene un módulo de riego en flujo continuo de 1.09 l/seg-ha y con el mejoramiento se demandarían 0,51 l/seg-ha. Este ahorro en recurso hídrico podría ser utilizado en la ampliación del área de los cultivos de mayor rentabilidad.

Tabla 5. Módulo de riego escenario de demanda deseada

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Eto	132,2	136,6	142,3	129,3	132,1	123,5	133,4	138,1	150,1	137,0	126,0	126,9
kc pond	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
ETc	128,2	132,5	138,0	125,5	128,1	119,8	129,4	133,9	145,6	132,9	122,2	123,1
Pe	74,9	61,2	97,1	113,7	73,2	37,4	25,5	23,4	64,6	105,8	126,5	100,5
NRn	53,3	71,3	40,9	11,7	54,9	82,5	104,0	110,5	81,0	27,0	-4,3	22,5
EP	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
NRt	65,7	87,8	0,0	0,0	67,6	101,5	128,0	136,1	99,8	0,0	0,0	0,0
NRt	2,12	3,13	0,00	0,00	2,18	3,38	4,13	4,39	3,33	0,00	0,00	0,00
Mfc	0,25	0,36	0,00	0,00	0,25	0,39	0,48	0,51	0,38	0,00	0,00	0,00

Referencias

- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA (CVC) Y ASOCIACIÓN DE USUARIOS DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO GUABAS (ASOGUABAS). Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Guabas 2009-2019. Cali. (2009). 290 p. ISBN: 978-958-8332-27-7.
- IDEAM. Estudio nacional del agua 2010. Instituto de hidrología, meteorología y estudios Ambientales. Bogotá D.C. 2010
- INSTITUTO INTERNACIONAL PARA EL MANEJO DEL AGUA (IWMI) Y ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). Agua para la alimentación, Agua para la vida. Una evaluación exhaustiva de la gestión del agua en la agricultura. Roma. Italia (2008). 47 p. ISBN 978-92-5-306020-7
- JARAMILLO, Javier. Diseño de sistema de riego. Palmira. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2010
- JIMÉNEZ, Henry. Hidrología Básica. Tomo I. Cali, Colombia. Oficina de Publicaciones. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. 249 p. 1992
- MUÑOZ, Valentina; PAZ, Sara. Cálculo de las necesidades de agua para riego de los pequeños agricultores de la zona plana de la Asociación de Usuarios de la Cuenca Hidrográfica del Río Guabas-ASOGUABAS. Cali, Colombia (2011) 74 h. Trabajo de grado. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Grupo REGAR.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). Evapotranspiración del cultivo. Guía para determinar los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y drenaje No 56. Roma, Italia. (2006). 298 p. ISBN 92-5-304219-2
- URRUTIA, N; ECHEVERRI, A. Estudio de la evaluación del reuso para agricultura del efluente de la PTAR-C. Una aproximación integral al sistema de distribución de agua residual para el sector cañero. (2007) 69 h. Informe proyecto de investigación. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Grupo REGAR.
- VEN Te Chow; MAIDMENT, D; MAYS, L. Hidrología Aplicada. Bogotá. Editorial McGraw Hill Interamericana. (2000). 584 p. ISBN 958-600-171-7.

Nos emociona
cuando lo que
llevamos
emociona

www.4-72.com.co

472
¡Es tu correo!