

## Análisis de la distribución del agua para riego en canales primarios del río Mendoza

Sabrina P. Miranda<sup>1-2</sup>; Morgane Barbier<sup>3</sup>; José Morábito<sup>2</sup>, Santa Esmeralda Salatino<sup>2</sup>

- (1) Centro Regional Andino del Instituto Nacional del Agua (INA – CRA)
  - (2) Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo)
  - (3) Université Paris Diderot
- [sabri\\_mir@hotmail.com](mailto:sabri_mir@hotmail.com)

### RESUMEN

Mendoza, ubicada en el centro oeste de Argentina, es una zona desértica con una media de lluvias inferior a los 200 mm.año<sup>-1</sup> donde la única forma de obtener una producción agrícola rentable es mediante el riego. Del total del área provincial sólo el 4 % se encuentra con regadío y su futura expansión dependerá del buen aprovechamiento de sus recursos hídricos, superficiales y/o subterráneos. El Departamento General de Irrigación (DGI), ente encargado del manejo del recurso, preocupado por la mejora de la gestión del agua, está avanzando en el diseño de políticas y estrategias que incluirían -entre otros puntos- la mejora de la distribución del agua a sus usuarios. Ésta deberá considerar: el relevamiento y actualización de derechos, la evaluación y mejoramiento de la infraestructura; la determinación de usos y demandas -actuales y futuras- y la modernización de las técnicas de entrega. Este trabajo tiene como objetivo evaluar y calificar el desempeño de la distribución del agua para riego en el río Mendoza, desde su derivación a los canales primarios de la red (Dique Cipolletti). Para ello se procedió al análisis de la metodología de planificación utilizada por la administración del dique y a la obtención de los registros de operación disponibles, basados en la conformación de las planillas utilizadas para almacenar la información. Posteriormente y con la finalidad de contribuir a la mejora de la actual gestión, se analizaron posibles desfases o diferencias entre los volúmenes de entrega programados en el turno y los volúmenes realmente entregados y se determinó un indicador de desempeño de entrega del agua (*water delivery performance-WDP*) en los canales cabecera del sistema. El cociente entre ambos volúmenes define un indicador de importancia para la calificación de la equidad de la distribución que -en la práctica- permite la oportuna toma de decisiones para un rápido ajuste. A los fines de acotar el estudio el análisis se efectuó para cuatro meses del ciclo agronómico 2009-2010: agosto y octubre (2009) y enero y abril (2010). La elección de los mismos respondió a su representatividad en relación a las cuatro estaciones (invierno-primavera y verano-otoño). Resultados preliminares indican la necesidad de mejorar el actual sistema de registro, sustituyendo la modalidad de colorear la duración del turno por la inclusión de los respectivos valores de duración (tiempos). Otra resultante fue, que si bien existían algunas diferencias entre lo planificado y lo entregado, las mismas no fueron relevantes en los meses de primavera-verano, observándose un mayor desfase en otoño (abril). De corregirse esta diferencia se dispondría de una mayor reserva para afrontar la demanda de la temporada siguiente, sin afectar el requerimiento de los cultivos. De todos modos, resulta necesario continuar con este tipo de análisis en un período más extenso a fin de ratificar los resultados obtenidos.

**Palabras clave:** indicadores, desempeño, entrega, registros y recomendaciones

## Introducción

En los últimos tiempos los investigadores ligados a los recursos hídricos están manifestando una preocupación creciente por mejorar la eficiencia y eficacia del uso y preservar su calidad, con la mira puesta en la sostenibilidad. La explotación y la utilización de agua para riego requieren evaluaciones periódicas. La preocupación por el rendimiento aumenta a medida que aumenta la presión sobre los recursos hídricos en todas las partes del mundo, con respecto a la sostenibilidad de los sistemas de agricultura de regadío (Murray-Rust, 1993). Por otra parte, el principal objetivo de una buena administración de riego es proporcionar una gestión eficiente y eficaz de los recursos hídricos para lograr mejorar la producción agrícola. Los estudios de evaluación de desempeño proporcionan una herramienta para evaluar y promover este objetivo (JusipbekKazbekov; 2009). Debido a la relevancia que tiene el recurso hídrico en la provincia, es de vital importancia la correcta planificación y el ajuste de los caudales derivados a los canales de acuerdo a las reales necesidades de los usuarios, esencialmente agrarios. El mejoramiento en la gestión hídrica podría acelerarse si se contara con modelos computacionales que permitieran, sobre una base de datos confiables, organizar la información que se tiene, planificar las acciones a seguir y evaluar permanentemente lo ejecutado (Morábito, 1994). Es en este marco conceptual que se pretende insertar el presente trabajo.

Como es sabido, Mendoza es la provincia con mayor superficie regada del país. Sus oasis bajo riego ocupan sólo el 3,4% de la superficie provincial y en ellos se concentra la mayor parte de la actividad humana y económica (Departamento General de Irrigación -DGI-1999). La oferta hídrica con que cuenta la provincia para el abastecimiento de los distintos usuarios es variable, de acuerdo a las particularidades de cada año hidrológico (Morábito, 1994). La administración del agua en la provincia es descentralizada y participativa. El DGI es responsable de la administración provincial de las aguas superficiales y subterráneas. Con respecto al recurso hídrico superficial planifica la entrega del agua a sus usuarios considerando: la oferta hídrica para el año en curso según los pronósticos de escurrimiento, el nivel del agua en sus embalses, la infraestructura de canales disponible y su estado (eficiencia de conducción y distribución de la red de canales) la eficiencia de aplicación potencial en la parcela, los usuarios empadronados con diferentes usos y el pago del cánón (usuarios al día o *hectáreas SI*).

En su estructura el DGI cuenta con Subdelegaciones de Aguas en cada uno de los oasis más importantes de la provincia. Las mismas están en contacto directo con las Asociaciones de Inspecciones de Cauce (ASIC), responsables de la entrega final del agua a los diferentes usuarios registrados en el padrón de cada inspección de cauce. Existe una vinculación técnica permanente entre el DGI, las Subdelegaciones, las ASIC y las Inspecciones de Cauce (ICA) en lo referente al manejo del agua y muy especialmente una colaboración en el tema de obras y operación de los sistemas de riego y drenaje (DGI, 1997). Considerando todas las variables arriba mencionadas, el jefe de operación y mantenimiento (O&M) de cada una de las Subdelegaciones de cada río, realiza un plan de entrega de aguas o de distribución a la red de canales secundarios, manejada por los usuarios a través de las Inspecciones de Cauces o Asociaciones de Inspecciones de Cauce (Morábito, 1994).

En la provincia se han realizado distintos trabajos que evalúan la calidad del servicio en la entrega de agua (Morábito y otros, 1994, 1998; Bos et al., 1998)

## **Objetivos**

El objetivo de este trabajo es analizar la calidad del servicio o el desempeño de la distribución actual del agua en la cuenca del río Mendoza (Oasis Norte) realizado desde la Jefatura de Operación y Mantenimiento (O&M) de la respectiva Subdelegación de Aguas. Mediante la comparación entre los volúmenes de agua programados en los distintos períodos de turno y los volúmenes de agua realmente entregados se pretende -además- calificar el desempeño de la uniformidad de distribución alcanzada, a través del indicador de desempeño water delivery performance (WDP) propuesto por Bos y Molden (1995).

## **Material y Métodos**

El río Mendoza abastece a la red de canales del Oasis Norte en el que se localiza la capital de la provincia (Chambouleyron, 1984). El dique Ing. Cipolletti es el derivador, cabecera del sistema de distribución y a partir de él, nacen: el canal Matriz Margen Derecha y el canal Gran Matriz. Este último entrega los caudales al Gran Comparto, que alimenta a su vez a otros dos canales importantes: el Caci que Guaymallén y el Matriz San Martín (DGI, 1999). Según el Informe del Plan Hídrico (DGI, 1999) la red de riego del río Mendoza supera los 3.400 km (la longitud de los principales canales de drenaje supera los 450 km) y atraviesa

la ciudad de Mendoza y el Gran Mendoza con sus muchos centros urbanizados, por lo que su distribución se hace muy compleja (figura N°1).

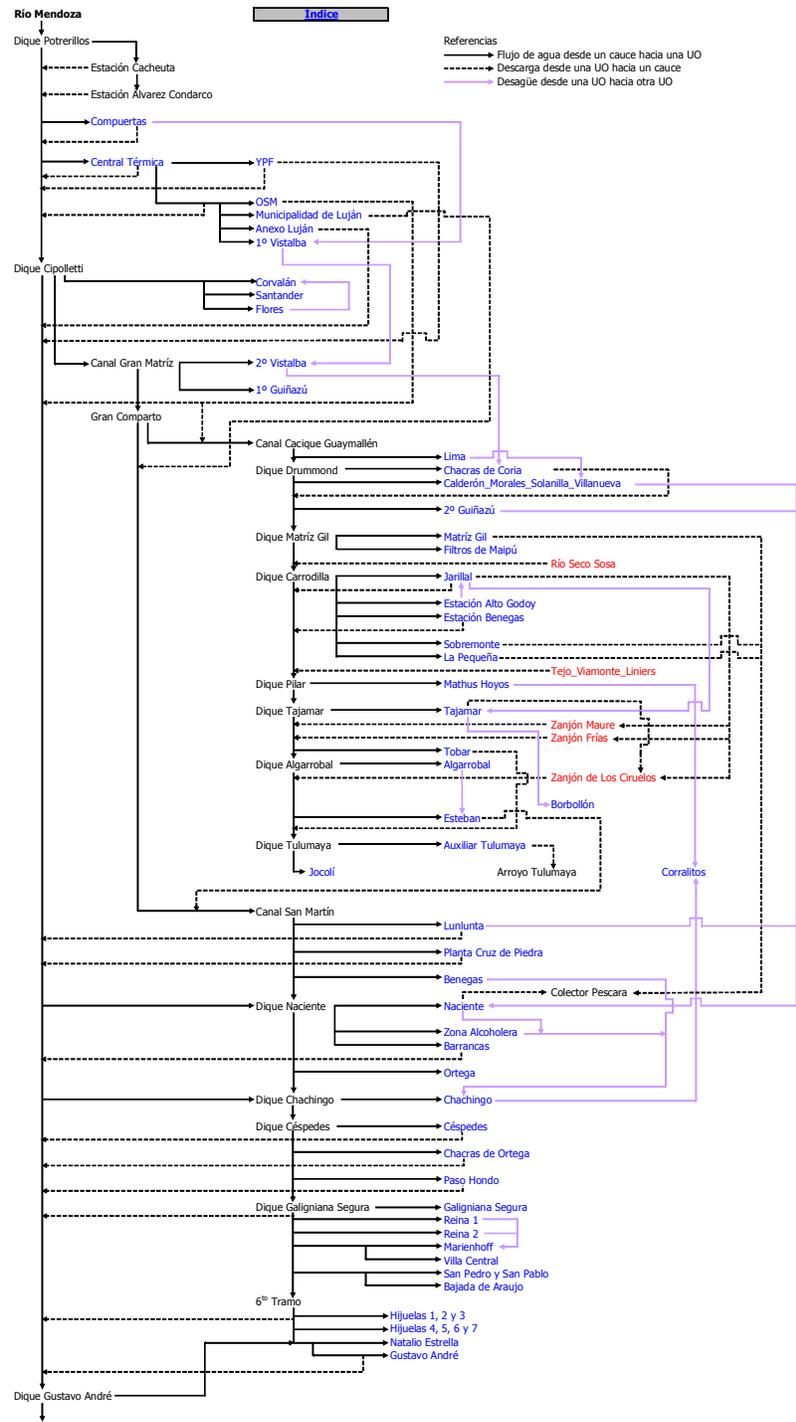


Figura 1: esquema de la red de distribución de agua en la cuenca del río Mendoza

El trabajo se realizó con datos aportados por el Jefe de O&M del río Mendoza con sede en el Dique Cipolletti a través de sucesivas entrevistas personales. En las mismas se analizó la mecánica seguida para la entrega del agua y se consultaron los registros disponibles: Planillas de Turnados (lo planificado) y de Distribución (lo ejecutado) para los años 2009 y 2010. Las planillas de distribución son digitales, confeccionadas en Excel, asignando para cada día del mes una hoja de cálculo en la que se lleva un registro del balance diario del sistema de distribución. La planilla consta -en la parte superior- de un encabezado con la fecha y un código que identifica al operador responsable del llenado de datos. En la primera columna figura una lista de las tomas secundarias pertenecientes al sistema (canales) y por cada una de éstas se registra: tiempo (hora y minutos), altura del agua en compuerta (m), caudal (m<sup>3</sup>/s) y variación en la altura de caudal (momento en que se observó el cambio, en horas y minutos, altura del agua en compuerta y caudal). Se registra también - para cada canal- las hectáreas SI (superficie empadronada con pago de cánon al día), los datos del turno (horas y minutos): comienzo, finalización y tiempo total de duración), los volúmenes escurridos/ingresados (hm<sup>3</sup>), el caudal distribuido (mínimo, medio y máximo del mes) y por último la entrega en m<sup>3</sup>/ha. Las dos últimas pestañas del archivo digital de distribución corresponden: la primera, a la determinación de los hm<sup>3</sup> mensuales (resumen de los volúmenes diarios escurridos por canal) y la última, un resumen general de la distribución mensual de agua en el sistema río Mendoza (de la que se extrajo la información utilizada).

En la figura N°2 se presenta el encabezado de la planilla correspondiente al resumen mensual de distribución:

**DPTO TECNOLOGIA DE RIEGO**  
**SUBDELEGACION RIO MENDOZA- DGI**  
**RESUMEN MENSUAL DISTRIBUCION RIO MENDOZA**

Tomados y Canales Secundarios	Superficie	Volumen	Horas de turno	Caudal Max	Caudal Med	Coef Medio
	Has.	Hm3	Horas	m3/s	m3/s	m3/s/has
EROGACION PRESA POTRERILLOS		50,92	744,00	28,00	1,901E-11	
Perdida Tramo del Rio		10,01	744,00	4,00	3,7366E-12	

(Fuente Subdelegación de Aguas río Mendoza)

**Figura 2: Encabezado de la planilla Resumen mensual distribución río Mendoza (DGI)**

La frecuencia de riego adoptada en Mendoza responde, en general, al sistema de entrega por turnado semanal (cada 8 días) y esto representa: el riego total de un mismo cuartel cada 3 o 4 turnos recibidos en la propiedad. La entrega de agua por canal se rige por un coeficiente de riego (o de entrega) expresado en L /s (Chambouleyron; 1984).

Un esquema de la planilla de turnado se presenta en la figura N° 3 que contiene la siguiente información general: cantidad de secciones en las que se divide el turnado, periodo correspondiente; cantidad total de hectáreas con derecho a riego y cánon al día(*hectáreas SI*), caudal disponible, lista de canales secundarios; caudal asignado por canal, coeficiente de entrega, hora de inicio en cada bocatoma (casillero correspondiente al día en que comienza dicha entrega) y hora a la que finaliza la entrega (en correspondencia con el día en que finaliza la misma). La metodología empleada por la actual administración consiste en colorear, para cada canal, los casilleros que debieran recibir 24 horas ininterrumpidas de agua (ejemplo Canal Compuertas, octubre 31).

<b>SUBDELEGACIÓN DE AGUAS RIO MENDOZA</b>											Fecha 26/10/2010
Departamento Gestión Hídrica											
RÉGIMEN DE RIEGO: turnado en 2 secciones para											65.639,2 Has. al día
FRECUENCIA: 1 turno en 8 días, por superficie al día reducida para riego											
MES	Día	sábado	domingo	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo	
octubre - noviembre		30	31								
2.010				1	2	3	4	5	6	7	
<b>1ª SECCIÓN</b>	<b>33074</b> Has	<b>Coeficiente 1ª Sección 0,80</b>								<b>SALIDA G. COMPTO</b>	
CAUDAL	26010 l/seg	Dotación unitaria m3/Ha								<b>273,2</b>	<b>7,00</b> hrs.
863,0	Compuertas	0,80	5,45			6,15					0,504
726,2	1ª Vistalba	0,80									96,49
32,0	1ª Toma	0,80	6,15			6,45					

(Fuente Subdelegación de Aguas río Mendoza)

**Figura 3: Esquema de la planilla de turnado de la Subdelegación de Aguas del río Mendoza**

Para el análisis del desempeño de la distribución del riego se seleccionaron cuatro meses del ciclo agronómico 2009-2010: agosto y octubre (2009) y enero y abril (2010), con el objeto de observar la situación de la entrega del agua en relación a las cuatro estaciones del año, comenzando por el invierno. Con los datos de volúmenes y hectáreas obtenidos de las planillas de turnado y de distribución y mediante el uso de las herramientas de cálculo y graficación del programa Excel se procedió al análisis comparativo entre la entrega de agua programada (calculada a priori) y la efectivamente realizada.

El procedimiento seguido fue el siguiente:

1 - Adaptación y corrección de la planilla de turnado: esta planilla es confeccionada por el responsable de la operación e indica para cada canal, el tiempo de entrega durante los ocho (8) días de turnado. Como se explicó en párrafos anteriores cuando - para un día determinado - a un canal le corresponde un tiempo de entrega de 24 horas, actualmente se procede al coloreado del casillero que corresponde a ese día. Se quiere representar así que el canal recibirá agua de manera ininterrumpida a lo largo de la jornada. Este mecanismo no permite el registro numérico de los tiempos de turnado, necesarios para la obtención de los respectivos volúmenes. Por ello fue necesario adaptar las planillas mediante el remplazo de los espacios sombreados por los mencionados valores numéricos.

2 - Cálculo de los volúmenes programados: se realizó en base a las planillas de turnado corregidas. Los volúmenes de entrega programados se calcularon como sigue:

$$\text{Volumen a entregar}[\text{hm}^3] = \text{Coef. de riego} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \times \text{tiempo de entrega}[\text{hs}]$$

3 - Obtención de los volúmenes entregados en cabecera de canal, de acuerdo a las hectáreas SI (pago de canon de riego al día). Se extrajo la información del volumen (en hm<sup>3</sup>) de la última pestaña de la hoja de cálculo (resumen mensual de distribución) del archivo digital (Distribución) para cada mes analizado.

4.- Análisis comparativo entre valores programados y entregado (a nivel de cabecera de canal); se determinaron las diferencias entre lo programado y lo entregado:

$$\text{Diferencia}[\text{hm}^3] = \text{volumen entregado} [\text{hm}^3] - \text{volumen programado} [\text{hm}^3]$$

5 - Obtención del indicador de desempeño (WDP) (a nivel de cabecera de canal):

$$\text{Water Delivery Performance} = \frac{\text{Volumen de agua entregado} [\text{hm}^3]}{\text{Volumen de agua planificado} [\text{hm}^3]}$$

El coeficiente WDP permite conocer, para cualquier punto del sistema analizado, qué volumen se entregó por exceso o por defecto - respecto del valor planificado - para un período dado. La uniformidad en la entrega de agua en cada bocatoma se puede cuantificar mediante la desviación estándar (s) de los valores de WDP: valores de  $s > 0.20$  representan un comportamiento poco preciso en la distribución del agua, valores de  $0,20 < s < 0,05$  de

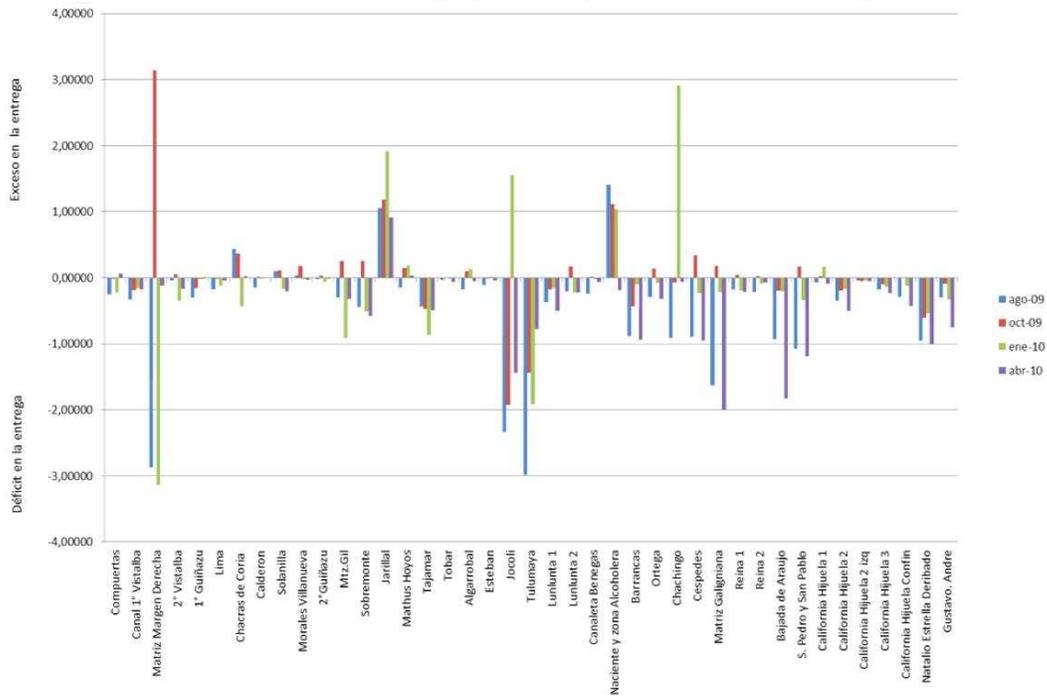
precisión aceptable o buena y valores de  $s < 0,05$  se consideran de muy buena precisión (Morábito&Bos, 1998).

El valor del WDP se obtuvo para los distintos canales secundarios y para los cuatro meses representativos pre-seleccionados.

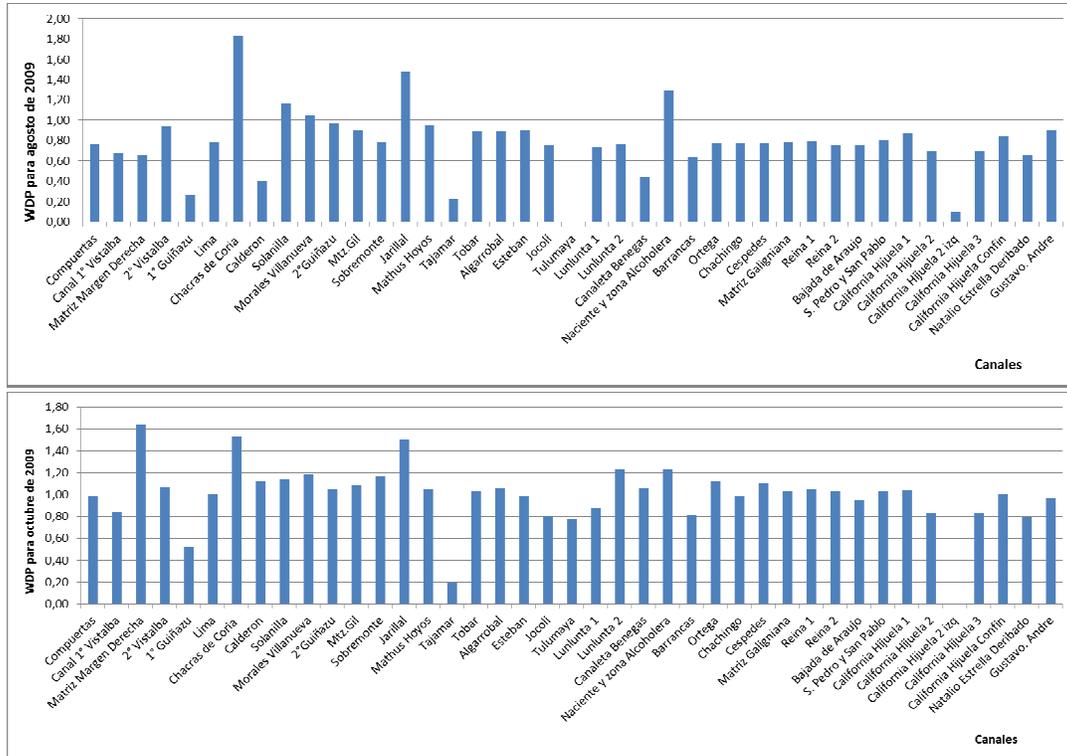
## **Resultados**

La figura N°4 representa las diferencias existentes entre los volúmenes realmente entregados y los planificados en bocatoma de 41 canales del río Mendoza, para el ciclo 2009/2010 y permite una rápida visualización de los canales que reciben un volumen mayor o menor a lo previamente planificado. Las barras que se ubican sobre el eje de abscisas representan un exceso en la entrega y las que se hallan por debajo indican que esos canales han recibido un volumen menor al planificado. De los cálculos efectuados surge que la mayoría de los canales recibió un volumen menor al que se planificó para cada mes analizado (en agosto de 2009 y abril de 2010, de los 41 canales analizados 36 recibieron un volumen menor). En octubre del 2009, 17 canales de los 41 recibieron menos cantidad, - siendo este mes el de mejor desempeño; en enero de 2010 se derivó un menor volumen a 33 de los 41 canales bajo estudio.

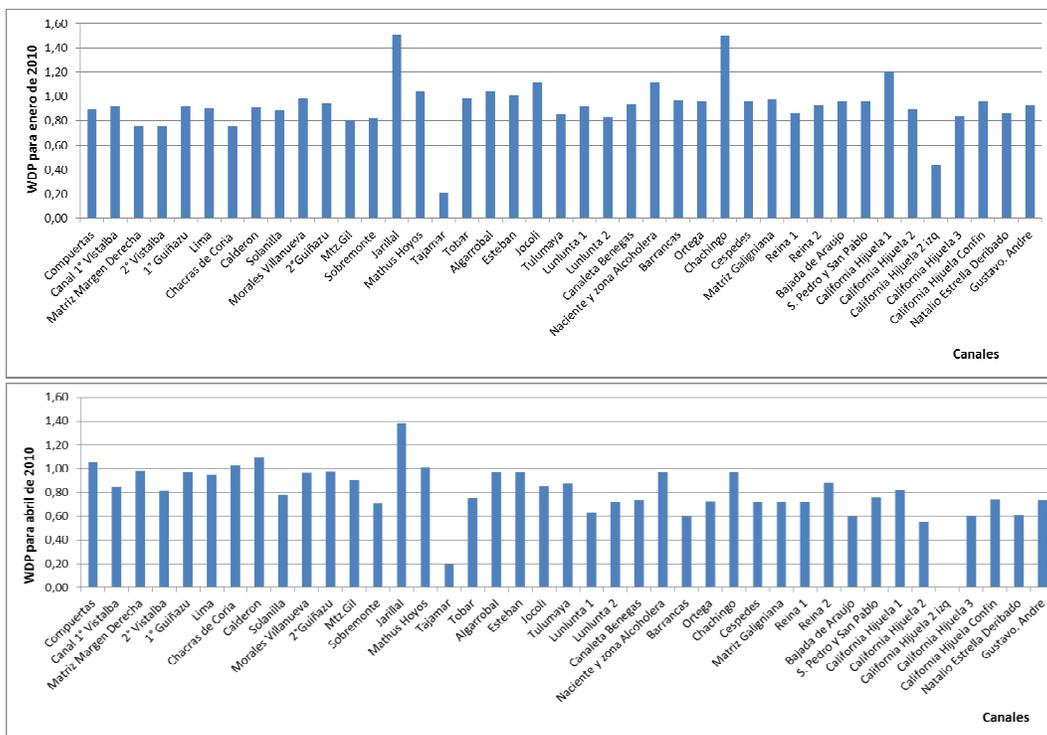
En las figuras N° 5a y N° 5b se presentan, por canal de derivación y para cada mes analizado, los valores del indicador WDP.



**Figura 4: Diferencias entre volúmenes de agua *planificados* y *realmente entregados* en bocatoma de 41 canales del río Mendoza (ciclo 2009/2010)**

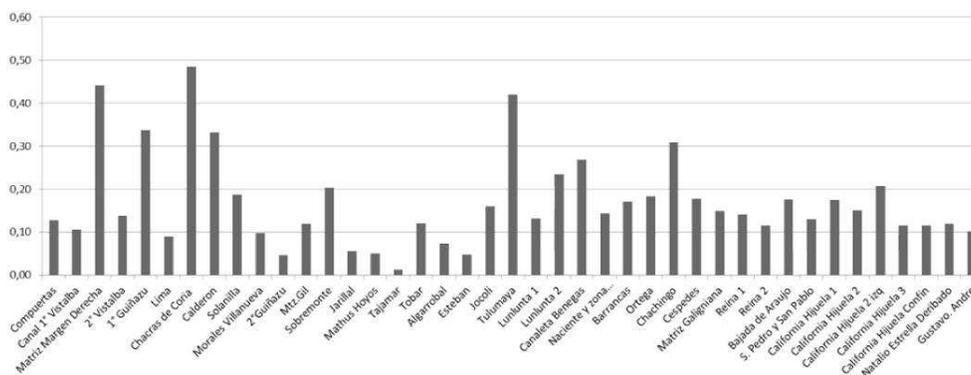


**Figura 5-a: Valores del indicador de desempeño de distribución del agua (WDP) para cada canal secundario y para cada mes analizado**



**Figura 5-b: Valores del indicador de calidad de servicio o desempeño de la distribución del agua (WDP) para cada canal secundario y para cada mes analizado.**

Las desviaciones estándar (s) de los valores promedio del indicador WDP se pueden observar en la figura 6: los resultados obtenidos indican que un 24 % de los canales presenta escasa precisión en la entrega del agua (valores  $s > 0,2$ ). En otras palabras, 10 de los 41 canales secundarios analizados presentan - en promedio- una distribución poco aceptable.



**Figura 6: desviación estándar (s) de los valores del Indicador de calidad o desempeño de la distribución del agua (WDP) en los canales del río Mendoza.**

La tabla 1 muestra la estadística descriptiva para los valores del indicador de desempeño de distribución del agua (WDP), a nivel mensual. Este análisis permite establecer en cuál de los meses estudiados se presenta la mayor discrepancia entre los volúmenes entregado y planificado.

**Tabla 1: estadísticos descriptivos para valorar el Indicador de calidad o desempeño de la distribución del agua (WDP) a nivel mensual en la red de riego del río Mendoza**

<i>Estadísticos</i>	<i>agosto 2009</i>	<i>octubre 2009</i>	<i>enero 2010</i>	<i>abril 2010</i>
Media	0,78070718	0,993505537	0,92657861	0,802755836
Mediana	0,76875058	1,030701924	0,92792542	0,817058866
Desviación estándar	0,32508181	0,289201226	0,20987474	0,233243957
Varianza	0,10567818	0,083637349	0,04404741	0,054402744
Mínimo	0	0	0,2065324	0
Máximo	1,82961495	1,634762259	1,50187904	1,385622681
Suma	32,0089945	40,733727	37,9897229	32,91298926
Cuenta	41	41	41	41

### **Análisis y discusión**

Del análisis de los resultados obtenidos se desprende que si bien el mes de octubre presenta el mejor desempeño promedio (WDP) en la distribución del agua - con un valor medio de 0,99- el mes que presenta la menor desviación estándar es enero ( $s=0,209$ ). Esto se traduce en una mejor uniformidad de entrega (figuras 5 a y b).

Si se examinan- para cada canal- los valores de desviación estándar de WDP (figura 6) se observa que 10 de ellos (24 % del total) presentan un valor de  $s > 0,20$ , lo que indica baja precisión en la entrega. Entre los de más bajo desempeño se encuentra el canal Jarillal que en los cuatro meses recibió un volumen mayor al planificado. Este canal tiene la particularidad de contar entre su padrón de usuarios, usos como el de agua potable (Canal Alto Godoy que alimenta la planta del mismo nombre, ubicada en el Parque Gral. San Martín) y el recreativo (riego de un sector del Parque) lo que podría justificarlos desfasajes observados. Por el contrario, el canal Tulumaya recibió sistemáticamente menos agua a lo largo del ciclo estudiado (figura 4).

## Conclusiones

Si bien es necesario un análisis más extenso incorporando - en lo posible- registros de periodos más largos la metodología utilizada permite al operador y al encargado de la gestión de la distribución una rápida toma de conciencia sobre el desempeño de la misma. Permite, además, identificar rápidamente aquellos canales en que la distribución presenta algún problema particular (caso de los canales Tulumaya y Jarillal, por ejemplo) y hace más sencilla y práctica la corrección de cualquier desfasaje.

Un comentario aparte merece la manera en que actualmente se almacena la información relativa a la entrega, especialmente en lo referente a lo planificado. Nuestra sugerencia es que la misma debería mejorarse de manera tal que permita una rápida y precisa extracción de la información, incorporando períodos de observación y registro más extensos

## Agradecimientos

*Los autores agradecen la colaboración y permanente predisposición de la Jefatura de Operación y Mantenimiento de la Subdelegación de Aguas del río Mendoza, Ings. Agrs. Héctor Garde y Hugo Dean, así como la disponibilidad para el presente estudio de la información pertinente, cuya autoría es del DGI.*

## Bibliografía

1. Chambouleyron, J. L. (1984). El riego en la provincia de Mendoza a 100 años de la creación del Departamento General de Irrigación; Mendoza, Argentina, pp 5-16.
2. DGI- Departamento General de Irrigación (1997). Descripción preliminar de la cuenca Río Mendoza; Mendoza; Argentina; 110 pp, 48-89
3. DGI- Departamento General de Irrigación. (1999). Plan director del río Mendoza. Plan Hídrico para la Provincia de Mendoza. Bases y propuestas para el consenso de una Política de Estado, Mendoza, Argentina, 76, pp 5-41
4. Kazbekov, J., Abdullaev, I. et al (2009). Evaluating planning and delivery performance of Water User Associations (WUAs) in Osh Province, Kyrgyzstan; Agricultural Water Management, 1259–1267
5. Morábito, J. et al. (1994). SIMIS y la administración integral del agua de riego caso de la rama Matriz Gil, Mendoza- Argentina. Convenio INCYTH, Argentina - FAO, 36. Italia. Mendoza, Argentina; 32 pp.
6. Morábito, J., Bos M. G. et al. (1998). The quality of service provided by the irrigation department to user associations, Tunuyán System, Mendoza Argentina. Irrigation and Drainage System. Netherland; 12: 49-65.
7. Murray-Rust, D.H. and Snellen,W.B.(1993). Irrigation system performance assessment and diagnosis. Colombo, Sn Lanka. International Irrigation Management Institute. 148 pp.; 5-12.