

EVALUACION DEL DESEMPEÑO DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE RIEGO TRADICIONALES MEDIANTE USO DEL MODELO ISAREG EN MENDOZA (ARGENTINA)

Carlos Mario Sánchez¹, Mario Alberto Salomón¹, Luis Santos Pereira²

Introducción

El presente trabajo, tiene por objeto la definición de patrones de necesidad de riego y la evaluación del desempeño de la gestión minorista en la entrega del recurso hídrico. Se establece la necesidad de efectuar un diagnóstico actual de situación y determinar estrategias de manejo a futuro. Para ello, debe tenerse en cuenta que a la fecha no existen antecedentes a nivel interparcelario que permitan elaborar una adecuada planificación de riegos, ni evaluar el desempeño de la gestión de las Inspecciones de Cauce en el territorio.

Entre los objetivos principales se enuncian:

Definición de marco teórico conceptual, que posibilite estructurar un plan de acción adecuado a la problemática.

Desarrollo y aplicación de una metodología de trabajo, que permita obtener productos acordes a las necesidades de la gestión hídrica de las Inspecciones de Cauces involucradas en el proyecto.

Determinación de las necesidades de riego de los principales cultivos permanentes y anuales de la región, incluyendo a jardines, espacios verdes, arbolado público, viveros. Es decir se pretende comprender en las necesidades de riego a los usos codificados por el Departamento General de Irrigación como: agrícola, recreativo y uso público.

Identificación de las superficies cultivadas, detallando especies predominantes o de uso extendido en el caso de espacios verdes.

Elaboración de un diagnóstico de base cero y balance hídrico zonal a los efectos de valorar el desempeño actual, realizar auditorías y trazar líneas de acción a futuro.

Se prevé integrar en el presente estudio la información de los balances hídricos realizados por la Subdelegación de Aguas del Río Mendoza, a los fines de adecuar las entregas en tiempo y forma. Complementariamente se planifica elaborar en conjunto las políticas de distribución mayorista, siguiendo una metodología racional y probada para dejar atrás empirismos o prácticas “a ojo” que no son consecuentes con la realidad actual y los nuevos desafíos del manejo del agua. Los productos obtenidos deben permitir mejorar la eficiencia actual de distribución intra e interparcelaria y tienen que constituirse como herramienta de gestión útil para los encargados de distribución (Inspecciones y tomeros).

¹ Asociación Primera Zona Río Mendoza (ASIC), Ricardo Videla 8325 Luján de Cuyo, Mendoza. Argentina: asicprimerazona@asicprimerazona.com.ar

² Centro de Estudos de Engenharia Rural, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal: lpereira@isa.utl.pt

Área de estudio

El área irrigada que constituye el área marco de referencia se localiza a los 32° 56' de latitud sur y 68° 50' de longitud oeste y se encuentra en promedio a 900 m s.m. en la zona de contacto entre el piedemonte precordillerano y planicie aluvial, con suave pendiente del 1%. Presenta clima árido mesotermal medio, suelos predominantemente francos y con clase II en aptitud de riego no existiendo ascenso freático, siendo el acuífero libre (Regairaz, 1997). En esta zona los principales usos son agrícolas, recreativos, arbolados e industriales y se entrega agua cruda para abastecimiento humano y potable al 40% de la población de la aglomeración del Gran Mendoza (Piccone y Salomón, 1994).

En la actualidad los cauces de riego involucrados en el área de trabajo, que abastecen a los usuarios con derecho inscripto en las comunidades de usuarios denominada Inspecciones de Cauces de Luján Oeste, tienen un sistema de distribución tradicional de conducción a pelo libre con los inconvenientes propios que esto implica. Los canales presentan un gran tiempo de respuesta frente a la variabilidad de caudales derivados y distribuidos, lo que hace que la regulación del canal se torne difícil. El conjunto de operaciones que se debe realizar en los canales para que su explotación resulte eficiente, implica altos costos debido al equipo humano necesario y no siempre se garantiza a los regantes el suministro del caudal en tiempo y forma según sus necesidades (Salomón *et al.*, 2006). Debe destacarse que es muy limitada la explotación de agua subterránea por los costos de extracción, aunque las mismas permiten complementar el recurso superficial en el caso de cultivos hortícolas; que tienen una demanda con menor frecuencia que los cultivos permanentes.

Actualmente desde la ciudad se produce un gradiente de urbanización de norte a sur, que se refleja en la invasión de terrenos que antes eran destinados a la agricultura. La especulación inmobiliaria conduce el proceso de tal modo, que en la franja rural y urbana solo existen propiedades destinadas a casas de fin de semana con huertas familiares y parques, o bien fincas muy bien administradas con altos rendimientos y explotaciones intensivas. No existe estructura rural campesina, predominando la explotación indirecta (Sánchez, *et al.*, 2001).

El sector de estudio corresponde al área irrigada de los canales 1° y 2° Vistalba, ya que se trata de un área muy representativa del Tramo Superior de la Cuenca del Río Mendoza por su diversidad de usos y dinámica territorial.

Cultivos predominantes

La zona cuenta con una producción agrícola de primer nivel, especialmente en cultivos de vid, olivos, frutales de carozo y hortalizas.

Los agricultores tienen una tradición agrícola heredada en muchos casos de antepasados de origen europeo. Sin embargo, diversos factores están provocando la disminución de la agricultura, el abandono de tierras y la migración de los productores, entre ellos: i) la creciente urbanización; ii) la falta de rentabilidad de las explotaciones pequeñas, y; iii) la inseguridad.

Desde el punto de vista vitícola se enmarca en la denominada “Primera Zona”, existiendo para el varietal Malbec la denominación de origen “Luján de Cuyo”. La zona cuenta, además, con un importante número de bodegas de primera línea.

En relación a los sistemas de conducción se nota un predominio de los espalderos sobre el Parral, ya que se ha priorizado las ventajas en cuanto a las posibilidades de mecanización, cobertura con tela antigranizo con menor costo, el objetivo de la calidad sobre la productividad y la menor inversión.

La estructura de espaldero bajo, conducido predominantemente como Guyot, sigue teniendo una fuerte presencia en la zona, muchos de ellos estuvieron abandonados en la década de los '80 y fueron reconvertidos a partir de los '90 cuando se revalorizó el precio de las uvas finas. La reconversión estuvo marcada sobre el manejo del cultivo, especialmente en las labranzas y la gestión del follaje. En las últimas temporadas, se detecta también una mejor gestión hídrica con utilización del déficit hídrico controlado para aumentar la calidad de la uva.

El espaldero alto - sistema predominante- tiene fuerte presencia en los viñedos jóvenes y de mediana edad. La fuerte adopción de este sistema se basa en el mejor aprovechamiento de los factores energéticos (temperatura y luz), permitiendo una mejor eficiencia fotosintética y un mejor microclima de la canopia de la planta

En relación a la olivicultura, se informa que es significativa su superficie implantada, siendo en la mayoría de los casos, de montes envejecidos o consociados con vid.

En cuanto a la fruticultura hay un amplio predominio de los frutales de carozo. La especie mas cultivada es el cerezo, le siguen en orden de importancia el ciruelo y durazno para consumo en fresco. Los frutales de pepita y secos, están representados por una muy pequeña proporción.

La zona de estudio concentra características agro-climáticas muy buenas para el cultivo de cereza, caracterizada por montes de plantas jóvenes de alta densidad (4x4 m) o (5x5 m), conducidas en vaso. Los riegos son superficiales, mayoritariamente por surcos.

En el caso de los durazneros, la mayor parte son con destino en fresco. En cuanto a los estratos por edades se refleja que el mayor porcentaje está en los de mediana edad, existiendo una buena cantidad de plantaciones jóvenes. En relación al sistema de conducción predomina el sistema en vaso con un 90 % sobre el total

En cuanto a la horticultura, el ajo es el cultivo predominante en su variedad "ajo chino y ajo colorado", seguido por la cebolla, el tomate, papa, zanahoria y poroto. Para la implantación de estas especies anuales, se cultivan las mismas de acuerdo a la disponibilidad hídrica, condiciones edáficas y comportamiento del mercado.

La modalidad local consiste en la rotación de cultivos anuales, siendo el ajo, en sus distintas variedades, el que ocupa el mayor tiempo del ciclo agrícola y luego de su cosecha, se utiliza la tierra para los otros cultivos como tomate y papa. En tanto la cebolla se complementa con el ajo en la ocupación de la tierra, no pudiendo cultivarse simultáneamente ambas especies.

Situación hídrica actual

Debido a la variabilidad en los caudales derivados y distribuidos, los canales tienen un gran tiempo de respuesta, desde que se introduce una variación de caudal en su comienzo, hasta que está disponible en su lugar de destino. Ello hace que la regulación de un canal sea difícil, entendiéndose por regulación al conjunto de operaciones que hay que hacer en sus mandos, para disponer de los caudales deseados en cada momento y en cada toma derivada del canal.

Las grandes variaciones que se registran en los caudales, exigen la modificación del grado de apertura de alguna compuerta, operación que arrastra la variación de niveles aguas arriba y aguas abajo de la misma y por supuesto la de caudales circulantes. Esta modificación, afecta a tomas situadas aguas abajo y también a tomas próximas ubicadas aguas arriba. Unas y otras sufren modificación en los caudales que suministran, por lo que para mantener un buen servicio hace falta actuar sobre su grado de apertura, con lo que se vuelven a modificar los caudales y niveles frente a nuevas compuertas.

Existen además algunos sectores, en tramos situados aguas arriba, que debido a la elevada

pendiente la conducción y distribución se dificulta. Por lo anterior, resulta que la operación del sistema con las condiciones actuales de la red, exige un reajuste reiterado de gran número de compuertas, para tratar de lograr una distribución adecuada.

La subdivisión de la tierra suma una restricción más en la distribución de agua. Los problemas de operación de los canales antes mencionados se ven agravados por la cantidad de cauces de orden menor que tiene la red, dado la gran cantidad de parcelas pequeñas. Los caudales y los tiempos de manejo en fincas pequeñas hacen muy difícil una distribución ordenada y eficiente.

El sistema de distribución, en su origen, atendía a pocas y grandes fincas. Debido a la subdivisión o incremento del parcelamiento, las mejoras que hasta el momento se han realizado en la red de distribución, con el sistema tradicional de acequias, deben enfocarse a la medición.

La regulación del sistema se complica al contar el canal con numerosas tomas derivadas, y más aún si se tiene en cuenta que la red de riego en su conjunto está formada por canales secundarios, derivados del principal, que a su vez alimentan a otros de menor orden y así sucesivamente hasta llegar a las tomas de cada parcela.

Uno de los problemas más graves generados por la subdivisión de la tierra, es la dificultad en disponer de las servidumbres de acueducto reglamentarias para tránsito. Esto se debe en general, porque los propietarios, ya sea por falta de compromiso y respeto en el sistema, por desconfianza generada por la inseguridad creciente o por desinterés, no permiten el acceso a través de sus propiedades; con lo cual no es factible garantizar el servicio adecuadamente.

Un inconveniente importante en la distribución, que afecta las entregas de dotación, son las originadas por obstrucciones de los pequeños canales con residuos sólidos urbanos. Hoy luego de estudios preliminares realizados por las Inspecciones de Cauces del Río Mendoza (2005-2006), surge que los cauces urbanos del Gran Mendoza recolectan y transportan por arrastre y saltación 140 kg de basura por metro lineal al año. De esa cantidad, el 89 % de la misma corresponde a envases plásticos descartables.

De acuerdo a estudios efectuados por la Asociación Primera Zona Río Mendoza e Instituto Nacional del Agua, en 2006, se registra una afectación en la distribución y regulación de caudales por taponamientos de obras de conducción, medición y regulación como compuertas, compartos, módulos de mascararas, sifones; que producen alteraciones entre el 32 y 55% de los volúmenes distribuidos.

Debido a las características de los suelos de la zona - en general con estructura granular - existen problemas de pérdidas de agua por infiltración, agravadas por la continua dotación de aguas claras de la Presa Potrerillos. Según estudios efectuados por la Asociación 1º Zona Río Mendoza en la Higuera 2º Vistalba, se estimó una pérdida por infiltración entre el 1 y 1,5% por km de cauce en tierra.

La eficiencia de conducción estimada en el área de trabajo es de 90%, mientras que la de distribución no supera el 85%. Esto lleva a que la eficiencia de conducción-distribución sea del 76,5% (S.A.G.P.y A, 2005).

Los sistemas de riego agrícolas predominantes son tradicionales en su mayoría, a cielo abierto y por gravedad. La infraestructura que se opera, es una red jerárquica de cauces muy densa, con alto número de obras de derivación, debido a la gran cantidad de minifundios y parvifundios que exigen paulatinamente la ampliación en la red hídrica de derivación. La red de riego es precaria, con una fuerte pendiente que produce socavones y una alta infiltración de agua cuando el canal discurre en tierra natural.

Actualmente la red secundaria y terciaria que es atendida por las Inspecciones de Cauces, presenta un pequeño porcentaje impermeabilizado - menor al 20% - siendo necesaria una conservación periódica de los mismos, que se agrava en las zonas urbanas por contaminación de residuos sólidos y efluentes industriales.

No existe red de aducción y conducción aluvional, independiente de la red de riego, lo que ocasiona graves inconvenientes y generación de externalidades negativas que afectan a los usuarios. El agua para arbolado público y espacios verdes, se conduce por acequias municipales con inconvenientes diversos.

A nivel operativo los escenarios de distribución que se prevén en el Río Mendoza, dependen de los siguientes factores: caudal disponible del río y embalse; coeficiente de entrega (litros/segundo por hectárea); superficie empadronadas al día reducida para distribución; tiempo disponible de turno; seccionado del río (Sección: agrupación dinámica de la superficie total a irrigar del río en subcuencas de distribución homogéneas en base a la disponibilidad hídrica), hora de inicio del turno, ya que afecta los horarios de entrada y salida en las secciones y topografía del canal y de los sectores a dotar, velocidades de conducción, volúmenes manejables, pérdidas por infiltración, estado operativo de la red e infraestructura.

La evaluación de desempeño, se logra correlacionando las necesidades de riego con la oferta hídrica, y determinando si esta fue satisfactoria o no a lo largo del periodo de riego previamente establecido. Luego, se pueden efectuar correcciones al sistema si la eficiencia de gestión es inadecuada, trazando líneas de acción pertinentes tendientes a optimizar el sistema (Fig. 1).

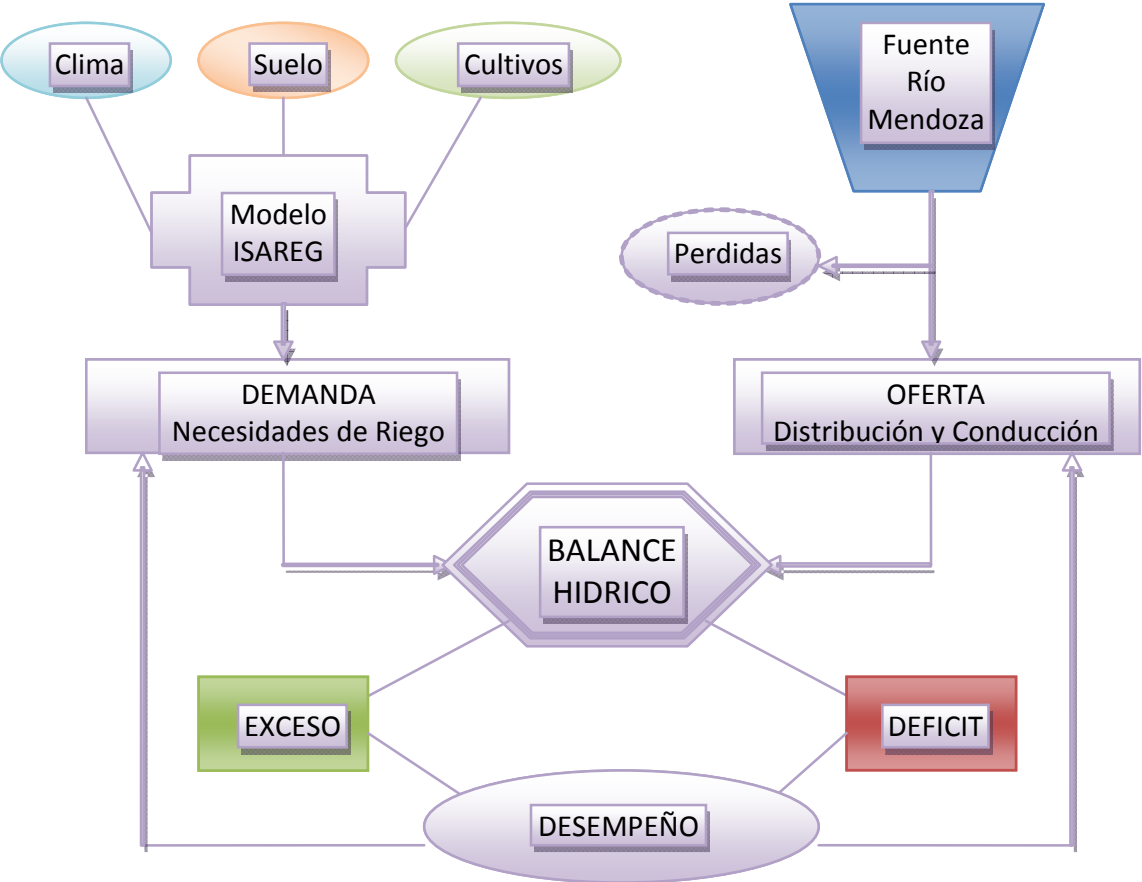


Fig. 1. Esquema conceptual de trabajo de evaluación de desempeño.

Material y métodos

Para el desarrollo del estudio se utilizaron los siguientes materiales:

Clima: Para determinar las condiciones climáticas del área de estudio se contó con datos de la Estación Agrometeorológica Chacras de Coria, dependiente de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo. Los datos disponibles corresponden a la serie 1997-2006, que se publican en el Boletín Agrometeorológico de la Facultad de Ciencias Agrarias.

Cultivos: Para obtener información de cultivos, se contó con bases de datos especializadas y relevamientos de la Subgerencia de Gestión Hídrica y Área Catastro de la Asociación de Inspecciones de Cauces Primera Zona del Río Mendoza, en el período 2005-2006.

Requerimientos hídricos: Para la estimación de los requerimientos de irrigación de los cultivos, se tuvo en cuenta valores referenciales obtenidos a través de Políticas de asignación, de literatura (Chambouleyrón, 1995; Allen *et al.*, 2006; Grassi, 1990; Pereira, 2004) y Proyecto de Modernización Lujan Oeste.

Suelo: El conocimiento de los factores externos e internos de los suelos, se realizó a través de estudios de campo (calicatas) y laboratorio realizados en el área de trabajo, en la que se determinaron los principales parámetros edáficos (Salomón *et al.*, 2002).

Oferta hídrica: La oferta hídrica primaria se obtuvo de Balances Hídricos del área de estudio irrigada recabados en la Subdelegación del Río Mendoza para el período 2005-2006, Base de datos, cuadro de turnados y programa de erogaciones correspondientes. Cabe mencionar que el Departamento General de Irrigación, realiza la entrega mayorista de agua en la cabecera de la red secundaria, mediante la distribución de las correspondientes alícuotas en volúmenes de acuerdo al seccionado proporcional que se efectúa del Río. Para ello, existe una programación consensuada del recurso a través del Departamento de Gestión Hídrica y las correspondientes Gerencias de Asociaciones, de acuerdo al programa de desembalse anual y pronóstico de escurrimiento. En este caso, se entrega el agua reducida según la categoría del derecho y en base a la superficie al día, que se transforma en volúmenes y láminas de riego a cada derivación.

Medición de caudales: El agua ingresada en la red secundaria y terciaria, se midió en tiempo real y diferido en distintas estructuras de medición, existentes en los nodos de distribución de los cauces por la Subgerencia de Gestión Hídrica de la Asociación 1º Zona Río Mendoza, en forma conjunta con la Inspección Luján Oeste. Para ello, se realizaron campañas de aforos instantáneos y curvas de gastos que permitieron calibrar y validar los caudales de entregas interparcelarias. Estas mediciones, se efectuaron con velocímetro electromagnético y micro molinetes calibrados en laboratorio del Instituto de Hidráulica de la Universidad Nacional de San Juan.

Cartografía digital: Para el desarrollo del estudio se contó con cartografía digital detallada de la ASIC 1ª Zona, en formato Microstation y ArcView 3.2. La misma fue depurada y se cargaron las bases de datos correspondientes a parcelas, titulares, hectáreas al día o no (si-no), tipos de uso, categorías de derecho, cultivos etc.

Software: MS Excel 2007, Autocad 2004, Microstation V8, Corel Draw Graphics Suite X3, Google Earth 3.0, MS Word 2007, WinIsareg 1.1.

Para la realización del presente trabajo, se adoptaron métodos de evaluación de la demanda de riego, que posibilitaran medir la relación suelo-agua-planta y de la oferta de la fuente hídrica, teniendo en cuenta la distribución y conducción hídrica hasta la parcela.

Para medir necesidad de riego de los cultivos seleccionados se aplicó el modelo ISAREG, (Software Model win ISAREG, versión 1.1, Pereira *et al.*, 2003).

La cuantificación de la oferta hídrica, se realizó a través de mediciones y cálculos de las entregas de caudales, y volúmenes desde la Presa Potrerillos y el Dique Derivador Cipolletti, hasta los cauces derivados en cabecera correspondiente a los años hidrológicos 2004-2005 y 2005-2006, basados en balance hídrico global de la Subdelegación del Río Mendoza.

Una vez determinada la demanda o necesidades de riego y calculada la oferta hídrica superficial, a lo largo del calendario agrícola de los años hidrológicos 2005 y 2006, se confrontaron ambas y se obtuvieron los déficits o excesos hídricos que permiten conocer el desempeño de la gestión hídrica.

Con los datos obtenidos, se cargaron bases de datos en el SIG (Formato Arc View) para realizar un mapeo zonal a los fines de ser utilizado en la gestión hídrica. Este mapeo consiste en la integración de parámetros de riego y cultivos, como así también información contable y registral que permite evaluar la ocupación del sistema por distintas áreas de operación.

Resultados

Se procedió inicialmente a caracterizar los cultivos predominantes en el sector de estudio de los canales 1° y 2° Vistalba, por medio de relevamientos de cultivos, contando con la colaboración de productores y tomeros de la zona, como así también de salidas a campo.

El cultivo predominante en el sector de estudio: canales 1° y 2° Vistalba es la vid (33%) seguido por jardines (27%), hortícolas (20%) y frutales (14%). Las especies mas cultivadas son la vid, el ajo y el cerezo. Es de destacar la importante superficie de jardines y espacios verdes, que responde a un importante avance de la urbanización sobre tierras que antiguamente eran explotaciones agrícolas (Fig. 2).

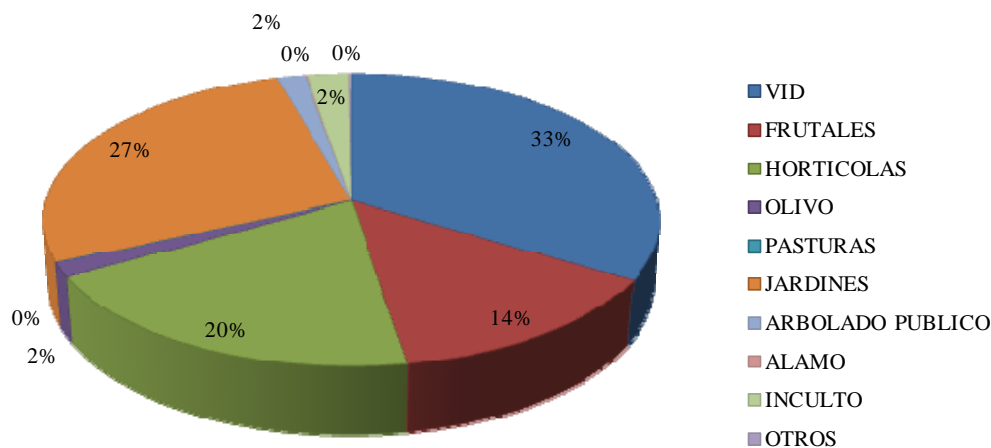


Fig 2. Tipos de cultivo en el área de estudio.

El 61% de los cultivos de la zona en total son permanentes y el 36% anuales (hortícolas), con un 3% de superficie inculta. Esto implica variabilidad en la demanda estacional, ya que en las superficies destinadas a cultivos anuales; se observan rotaciones de cultivos y una constante dinámica de plantación (Fig. 3) que hace necesario una constante actualización de los calendarios productivos.

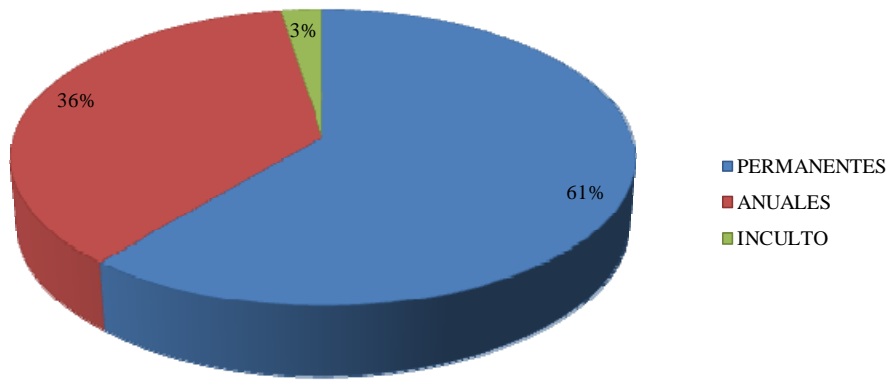


Fig 3. Clasificación de cultivos por permanencia.

También se procedió a identificar las especies y la superficie que ocupan en el sector de estudio, con el fin de calcular las necesidades de riego; de acuerdo al tipo de especies y para elaborar los calendarios productivos locales refrendados por los productores y tomeros. Se destaca en este caso, el alto porcentaje ocupado por jardines (Fig. 4).

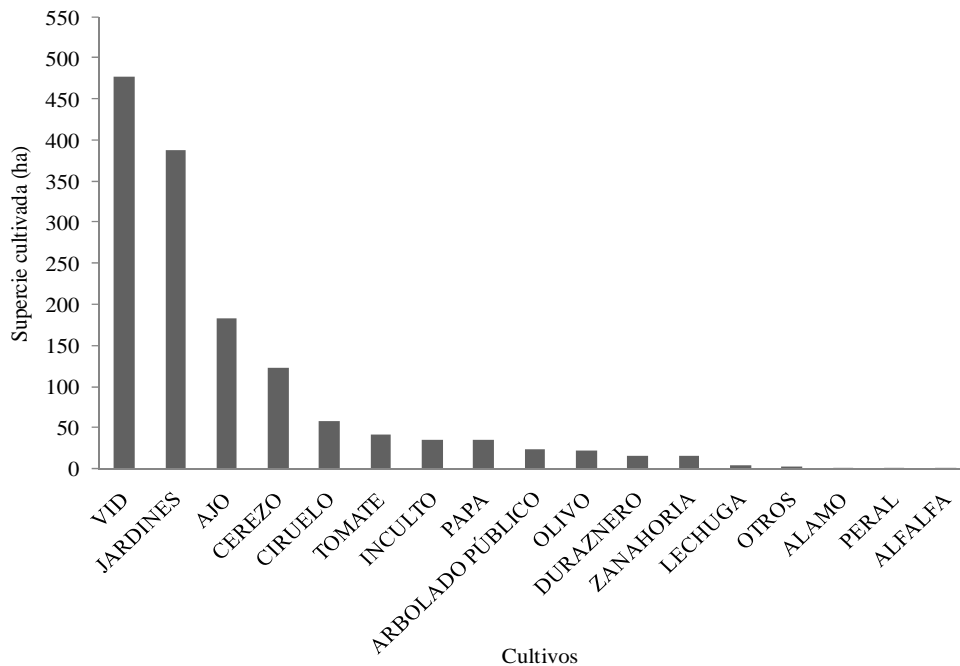


Fig 4. Superficies cultivadas por especie en el área de estudio.

Con los datos de la caracterización de cultivos, se procedió a la carga del software y se corrió el modelo WinIsareg para los principales cultivos de referencia del sector de estudio; incluyendo espacios verdes y arbolado público, dando como resultante una matriz de datos mensual para cada especie.

Esta información de necesidades de riego, permitió la confección del calendario agrícola local de los cultivos predominantes con sus respectivas demandas de riego, en forma mensual y anual para la superficie irrigada de los canales seleccionados (Tabla 1).

Tabla 1. Calendario de cultivos y demandas de riego.

Cultivo	Laminas de Riego en mm												Superficies		
	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Volumen m ³ /ha año	1° Vist	2° Vist
Ajo	60	40	70	120	30					30	40	40	4300	28.00	155.25
Alfalfa	40	40	10	90	160	150	170	70	100	80	40	30	9800	0.33	
Arbolado Publico			10	140	210	220	230	120	140	80			11500	6.24	17.24
Cerezo			10	110	190	180	190	80	100	20			8800	103.20	20.32
Ciruelo			10	110	190	190	200	80	110	10			9000	13.95	44.24
Duraznero			10	110	190	190	200	80	110	10			9000	15.83	0.20
Jardines			20	90	160	150	170	70	100	70	40		8700	223.11	164.07
Lechuga	50	10								20	20	30	1300	4.02	
Olivo				10	100	100	130	40	70	50	30		5300	13.24	8.98
Papa						130	140	90	120				4800	4.43	30.42
Tomate					110	120	210	90	30				5600		41.07
Vid			10	60	110	110	120	30	50	30			5200	327.58	150.07
Zanahoria				40	170	170	120						5000	15.00	
														754.93	631.87

En forma paralela, se trabajó en la medición de los caudales recibidos en las cabeceras de los canales para entrega minorista en forma mensual, expresados en volumen anual con el objeto de cotejarlo con el valor referencial de la cuenca (Tabla 2).

Tabla 2. Oferta hídrica ciclo 2005-2006- Caudales en cabecera.

Canal	Superficie ha	Jul 05	Ago 05	Sep 05	Oct 05	Nov 05	Dic 05	Ene 06	Feb 06	Mar 06	Abr 06	May 06	Jun 06	Total Hm ³	Vol. m ³ /ha
1° Vistalba	725	0.41	0.72	0.78	1.20	1.60	1.56	1.90	1.40	1.24	0.91	0.87	0.00	12.59	17366
2° Vistalba	559	0.26	0.63	0.66	0.99	1.19	1.19	1.34	1.14	0.87	0.73	0.67	0.00	9.67	17299

De los caudales recibidos en cabecera, se ajusta las dotaciones para los cauces en función de las pérdidas medidas en los canales, obteniéndose los valores reales de distribución (Tabla 3).

Tabla 3. Oferta ajustada por pérdidas de conducción y distribución en red de riego.

Canal	Superficie ha	Jul 05	Ago 05	Sep 05	Oct 05	Nov 05	Dic 05	Ene 06	Feb 06	Mar 06	Abr 06	May 06	Jun 06	Total Hm ³	Vol. m ³ /ha
1° Vistalba	725	0.31	0.55	0.60	0.92	1.22	1.19	1.45	1.07	0.95	0.70	0.67	0.00	9.63	13285
2° Vistalba	559	0.20	0.48	0.50	0.76	0.91	0.91	1.03	0.87	0.67	0.56	0.51	0.00	7.40	13234

En función de las demandas por cultivo y los calendarios de riego locales, se obtuvieron las demandas netas mensuales para los canales en estudio; con el propósito de contrastar los requerimientos con la oferta disponible (Tabla 4).

Tabla 4. Demanda neta de los cultivos.

Canal	Superficie ha	Jul 05	Ago 05	Sep 05	Oct 05	Nov 05	Dic 05	Ene 06	Feb 06	Mar 06	Abr 06	May 06	Jun 06	Total Hm ³	Vol. m ³ /ha
1° Vistalba	725	0.02	0.01	0.11	0.59	1.03	1.00	1.08	0.38	0.55	0.30	0.06	0.01	5.14	7090
2° Vistalba	559	0.09	0.06	0.16	0.52	0.69	0.58	0.77	0.30	0.39	0.12	0.13	0.06	3.87	6928

Las demandas netas de los cultivos, se ajustan al considerar las pérdidas globales de aplicación y factores locales diversos (Tabla 5).

Tabla 5. Demanda ajustada por pérdidas en la aplicación.

Canal	Superficie ha	Jul 05	Ago 05	Sep 05	Oct 05	Nov 05	Dic 05	Ene 06	Feb 06	Mar 06	Abr 06	May 06	Jun 06	Total Hm ³	Vol. m ³ /ha
1° Vistalba	725	0.03	0.02	0.18	0.95	1.65	1.59	1.73	0.60	0.87	0.48	0.09	0.02	8.22	11343
2° Vistalba	559	0.15	0.10	0.26	0.83	1.10	0.93	1.23	0.48	0.62	0.19	0.21	0.10	6.20	11084

Se procedió a realizar la confrontación entre la oferta y demanda hídrica a nivel minorista, cuantificándose variaciones mensuales de la distribución, para evaluar el desempeño de la gestión hídrica en el período analizado (Tabla 6).

Tabla 6. Balance entre oferta y demanda ajustada total.

Canal	Superficie ha	Jul 05	Ago 05	Sep 05	Oct 05	Nov 05	Dic 05	Ene 06	Feb 06	Mar 06	Abr 06	May 06	Jun- 06	Total Hm ³
1° Vistalba	725													
Oferta		0.31	0.55	0.60	0.92	1.22	1.19	1.45	1.07	0.95	0.70	0.67	0.00	9.63
Demanda		0.03	0.02	0.18	0.95	1.65	1.59	1.73	0.60	0.87	0.48	0.09	0.02	8.22
Balance		0.28	0.53	0.42	-0.03	-0.43	-0.40	-0.28	0.47	0.07	0.22	0.57	-0.02	1.41
2° Vistalba	559													
Oferta		0.20	0.48	0.50	0.76	0.91	0.91	1.03	0.87	0.67	0.56	0.51	0.00	7.40
Demanda		0.15	0.10	0.26	0.83	1.10	0.93	1.23	0.48	0.62	0.19	0.21	0.10	6.20
Balance		0.05	0.38	0.24	-0.08	-0.19	-0.02	-0.20	0.39	0.05	0.37	0.30	-0.10	1.20

Del análisis efectuado, se confeccionan los siguientes gráficos sintéticos, considerando los cultivos y el balance entre demanda ajustada total (Fig. 4 y 5).

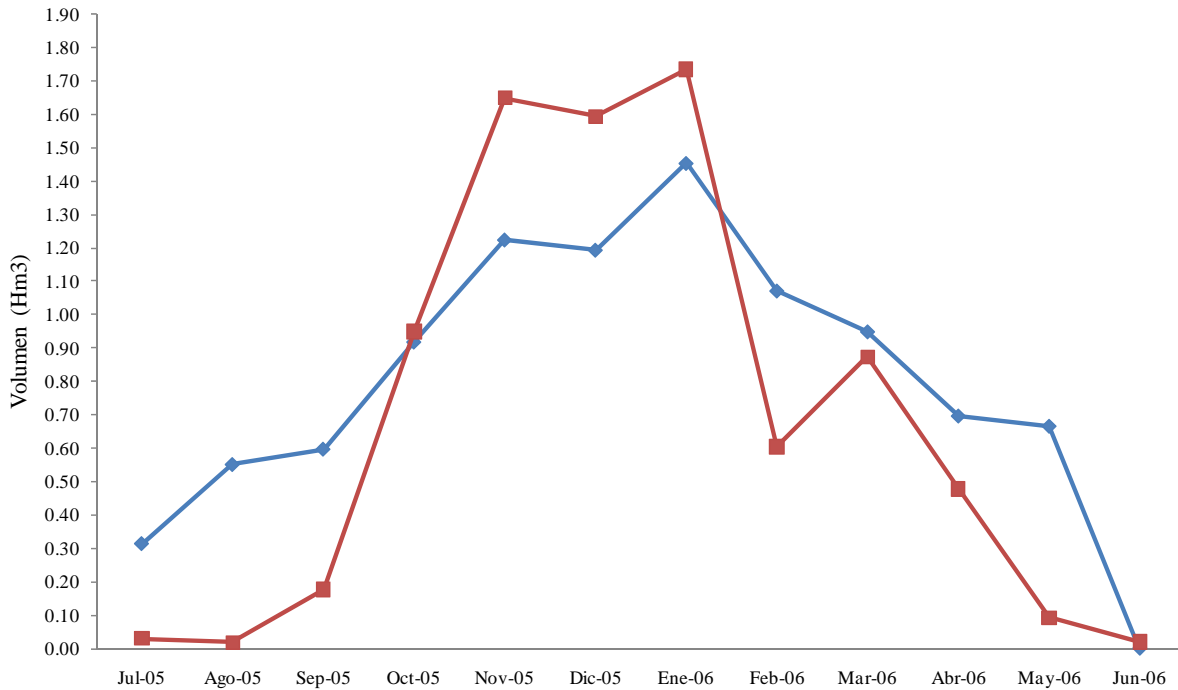


Fig. 4. Desempeño de la gestión hídrica. Canal 1° Vistalba; representando la línea azul la oferta hídrica disponible y la línea roja la demanda total de los cultivos.

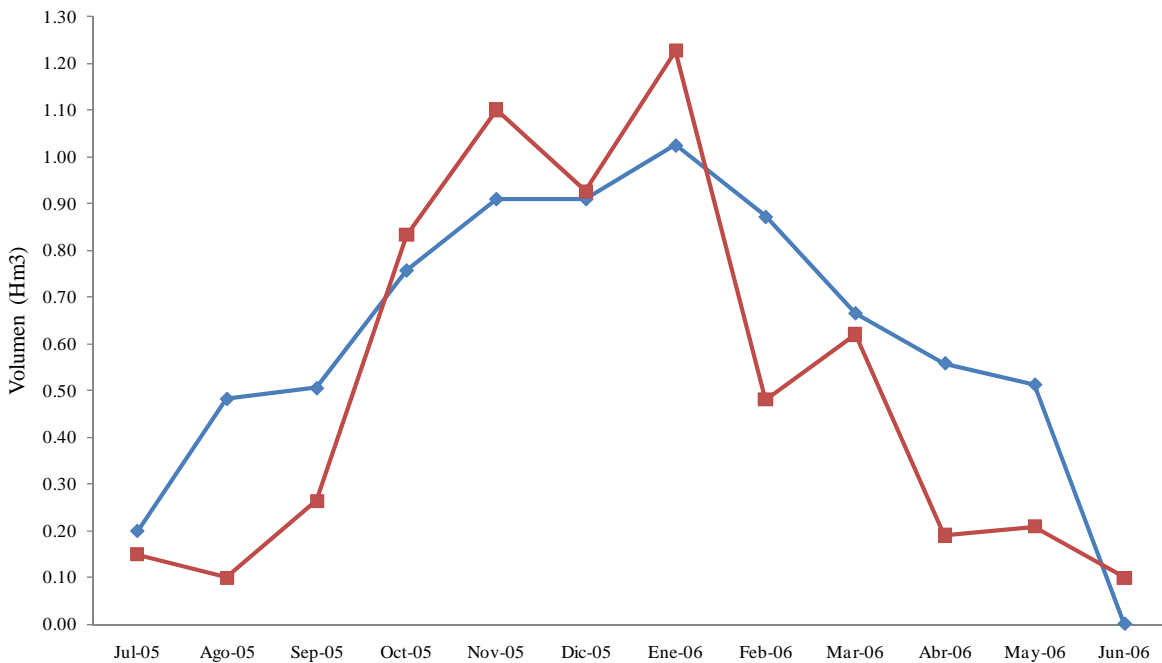


Fig. 5. Desempeño de la gestión hídrica. Canal 2° Vistalba, representando la línea azul la oferta hídrica disponible y la línea roja la demanda total de los cultivos.

Conclusiones y discusión

Para evaluar los desempeños de la gestión en el área irrigada, se consideró las pérdidas por conducción, distribución y aplicación en la parcela. A tal efecto, los valores medidos fueron del 10, 15 y 40% respectivamente y permitieron ajustar convenientemente los caudales de ingreso al sistema minorista.

Si se contrastan los caudales totales de ingreso al sistema contra la demanda total, se observa que la oferta abastece la demanda anual de los cultivos. En tanto si se consideran las pérdidas del sistema interno de distribución actual, se presentan déficits hídricos para los meses de octubre, noviembre diciembre, enero y junio (este último influenciado por la corta anual de aguas).

Se concluye que mediante la aplicación de un sistema colectivo general de bajo déficit (conducción y distribución), es factible aumentar la garantía hídrica y maximizar el desempeño actual, minimizando los déficits estacionales actualmente medidos.

Debe evaluarse la mejora en la garantía hídrica, al disminuir las perdidas por aplicación parcelaria, que es una variable dependiente del sistema de riego adoptado por el usuario. Esto es posible mediante la implementación de programas de extensión rural en temáticas de riego, mejorando el manejo del riego tradicional y difundiendo el conocimiento de nuevas tecnologías; para así lograr un mayor aprovechamiento del recurso hídrico.

Es evidente, que la oferta hídrica no acompaña a la demanda hídrica durante el ciclo de desarrollo vegetativo en general, existiendo un fuerte desfase con los requerimientos e importantes excesos hídricos a la finalización de los ciclos agrícolas (Fig. 4 y 5). Esta situación, genera efectos sobre el rendimiento y calidad de los productos, como así también requiere la necesidad de suplementar la oferta hídrica superficial a “turno” o con “cortas”, con agua proveniente de bombeo subterráneo; para lograr mayor garantía y evitar el estrés hídrico. También, se produce un derroche energético al tener que emplearse otras fuentes hídricas no gravitacionales, en un sector de la cuenca con pozos muy profundos y de limitada producción.

La variabilidad observada entre excesos y déficits hídricos estacionales para los cultivos ensayados, es un importante indicador de gestión hídrica; ya que permite medir el desempeño en el manejo del agua para la irrigación. En este aspecto al encontrarse condicionada la oferta hídrica a la conducción y distribución, es imprescindible mejorar la productividad en el manejo del agua para evitar las variaciones extremas.

Para contar con mayor garantía en la disponibilidad del recurso hídrico, deben mitigarse las pérdidas detectadas en la conducción desde la fuente del río a las parcelas. El agua superficial, debe ser distribuida en función de las necesidades de los cultivos y la relación equilibrada agua-suelo-planta y no por equivalencia a superficie empadronada.

De acuerdo a los datos obtenidos, se considera de vital importancia la ejecución de obras tendientes a mejorar la garantía hídrica del área involucrada.

La determinación de las superficies cultivadas podría acompañarse de una declaración jurada de cultivos, que los regantes deberían entregar al comienzo de cada ciclo hidrológico, para definir con anticipación el plan de erogaciones y regadíos.

Evidentemente, de continuarse en la situación actual de distribución, se afectará la disponibilidad del recurso hídrico por los usuarios y las Inspecciones de Cauce involucradas se encaminan hacia un escenario deficitario que se agravará gradualmente.

Finalmente se destaca la importante utilidad del modelo ISAREG, como una herramienta integral de evaluación de los sistemas de regadío, no solo para la planificación sino para la gestión. Por otra parte, sería conveniente desarrollar herramientas para vincular el modelo mencionado con bases de datos compatibles con Sistemas de Información Geográfica, para poder espacializar las áreas irrigadas y mejorar la administración.

Bibliografía

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 2006. *Evapotranspiración del Cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Estudio para Riego y Drenaje 56, FAO, Roma.
- Chambouleyrón, J., 1995. *Riego y Drenaje*. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. Tomo 1 y 2.
- Grassi, C., 1990. *Fundamentos del Riego*. Mérida Venezuela, CIDIAT, 409 p.
- Pereira, L.S., 2004. *Necesidades de Agua e Métodos de Rega*. Publ. Europa-América, Lisboa, 313p.
- Pereira, L.S., Teodoro, P.R., Rodrigues, P.N., Teixeira J.L., 2003. Irrigation scheduling simulation: the model ISAREG. In: Rossi, G., Cancelliere, A., Pereira, L.S., Oweis, T., Shatanawi, M., Zairi, A., (Eds.) *Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*, Kluwer, Dordrecht, pp 161–180.
- Piccone, L., Salomón, M., 1994. El manejo del agua de riego en la Provincia de Mendoza. Ejemplo de usos y aprovechamiento de aguas en el Gran Mendoza. In: *Mendoza en el 2000*. Capítulo 12. Centro Coordinador de Ediciones Académicas, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, pp. 97-103.
- Regairaz, M., 1997. Evaluación de Suelos. Cuencas Precordilleranas y Terrazas del Río Mendoza. Asociación Primera Zona Río Mendoza, 35p.
- Salomón, M., Abraham, E., Regairaz, M., y Soria D., 2002. Evaluación en las cuencas del C° Pelota, C° Petaca, El Peral, Chacras de Coria y El Manzano. Mendoza. Argentina. In: *IX Jornadas Cuyanas de Geografía*. Instituto de Cartografía, Investigación y Formación para el Ordenamiento. Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina, 39 p.
- Salomón, M., Loyola, L., Martín, C., Sánchez, C., 2006. Proyecto de modernización de infraestructura y tecnologías para la gestión del sistema de riego Lujan Oeste. Provincia de Mendoza. Argentina. In: *I Congreso Iberoamericano de Riego y Drenaje*. Lima. Perú, pp.1-18
- Sánchez, C., De Blassis J., Salomón, M., 2001. Aporte Metodológico a la Distribución Hídrica. Estudio de caso Canal Primero Vistalba. In: *Congreso Internacional de Uso Eficiente del Agua*. Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina, pp.13-19