

DEMANDA HÍDRICA PARA EL RIEGO COMPLEMENTARIO EN LOS DEPARTAMENTOS DE RÍO CUARTO Y JUÁREZ CELMAN (CÓRDOBA) CONSIDERANDO LA PRESERVACIÓN DE LOS RECURSOS AGUA, SUELO Y VEGETACIÓN

Rivetti, A.R.; J.M. Puiatti, J. Schmalz

*Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Agronomía y Veterinaria
Ruta 36 – km 601 Río Cuarto. Córdoba
arivetti@ayv.unrc.edu.ar*

RESUMEN

Una de las problemáticas de la producción agrícola de la región centro sur de la provincia de Córdoba es la mala distribución temporal de las precipitaciones y la ocurrencia de escasez de las mismas. El riego complementario es una práctica que permite subsanar esta adversidad. La importancia de la preservación del ambiente y los recursos naturales nos conducen a la necesidad de contar con la información necesaria para planificar y desarrollar el riego regional en base a calidad suelos, disponibilidad y calidad de agua y los requerimientos de uso consuntivo de los cultivos. En el presente trabajo se ha determinado la demanda hídrica para el riego complementario en los Departamentos de Río Cuarto y Juárez Celman de la provincia de Córdoba a fin de establecer la necesidad de infraestructura energética futura. La determinación de los requerimientos hídricos de los cultivos y la realización de los balances correspondientes se realizaron con la información de la Red de estaciones meteorológicas de la Cátedra de Agrometeorología de la UNRC. Se determinaron los promedios por décadas y además se estableció la probabilidad de ocurrencia del 70 % para cada una de ellas. Empleando la metodología del Bureau of Reclamation se obtuvieron las precipitaciones efectivas. La determinación de la evapotranspiración de los cultivos, de acuerdo a las diferentes épocas de siembra, se realizó por el método de FAO Penman-Montheith. La superficie considerada para los diferentes cultivos es la correspondiente al Censo Nacional Agropecuario 2002 del INDEC. El área de cada cultivo en la extensión factible de ser regada, se calculó manteniendo los mismos porcentajes que cada uno de ellos representan sobre la superficie total de los departamentos. De acuerdo a la evaluación realizada, de los estudios de suelo y de agua, la superficie factible de riego es de 528.000 has para Río Cuarto y 490.000 para Juárez Celman. De esta área se consideró como posible de incorporar riego mediante pivote solo aquellos establecimientos que superan las 200 ha y que son trabajados por propietarios. La superficie actualmente regada según el CNA 2002 es de 3.832 ha para el departamento de Río Cuarto y 7298 ha para el de Juárez Celman, valores de baja significación en relación a la superficie potencialmente regable, indicando que la práctica del riego en la región estudiada no está aun desarrollada.

INTRODUCCIÓN

Una de las problemáticas de la producción agrícola de la región centro sur de la provincia de Córdoba es la mala distribución temporal de las precipitaciones y la ocurrencia de escasez de las mismas. El riego complementario es una práctica disponible que permite subsanar esta adversidad y estabilizar los rendimientos de los cultivos extensivos característicos de la zona.

El área bajo riego por aspersión en el país está muy por debajo del total cultivado posible de regar, aunque creció a un ritmo considerable hasta el año 2000, hoy se encuentra estabilizado. En el caso específico de la provincia de Córdoba, ese incremento, se acentuó aún más debido entre otras cosas, al potencial de riego definido por la gran superficie de tierras aptas, que coinciden con zonas donde es posible obtener aguas subterráneas en calidad y cantidad suficiente (sin tener en cuenta las fuentes superficiales). Otro factor que fomenta ese crecimiento, es la condición agro climática que determina que con oportunos agregados de agua se obtengan altos rendimientos en forma estable en el tiempo (Salinas *et al.*, 2003).

A partir del año 1993, comenzó una importante expansión del área bajo riego suplementario en cultivos extensivos en la provincia, superando en el año 2004 las 76.800 hectáreas (Martellotto *et al.*, 2005).

En la provincia de Córdoba, considerando aptitud de suelos y calidad de aguas, existe un área potencialmente regable superior al millón de hectáreas (Gorgas *et al.*, 1996). Sin embargo, la sustentabilidad de este sistema depende de la racionalidad en la utilización de los recursos hídricos (acuíferos) y edáficos, así como del manejo de los cultivos. Existen muchos aspectos que no se conocen sobre el rendimiento y la recarga de los acuíferos subterráneos que se utilizan y sobre la magnitud del peligro de sodificación de los suelos cuando se les incorpora agua con algún tenor salino. En síntesis, la aplicación de esta tecnología está condicionada por la disponibilidad de agua de calidad apropiada y caudales suficientes, en combinación con suelos aptos, que justifiquen con buenos rendimientos las inversiones de implementación, operación y mantenimiento que esta tecnología requiere (Agencia Córdoba ambiente – INTA, 2006).

El riego utiliza energía para bombear agua. Gran parte de los costos variables corresponden al gasto en generar esa energía (gasoil o Kw). Por eso es fundamental conocer la energía requerida para cubrir las necesidades hídricas, basadas en la relación planta-clima-suelo, y la elevación de los caudales demandados por cada equipo de riego.

El costo operativo del riego, cuando se utiliza energía generada en el establecimiento (con gasoil) respecto a la tomada de la red eléctrica, era en febrero de 2003, como mínimo, un 100 % más cara en las empresas que no tributan ganancias, en tanto era al menos un 76 % más costosa en las empresas que pagan impuestos a las ganancias, por lo que no queda duda sobre el tipo de energía a emplear para regar. La pregunta por responder es si el cambio en la relación de precios relativos entre la energía de red y gasoil, que se produjo por la devaluación y posterior recuperación del precio del combustible, se mantendrá vigente en el tiempo. Es muy alta la probabilidad de que en el corto plazo dicha relación de precios se mantenga (Granda, 2003).

Dado el aumento de precio sufrido por el gasoil, el costo y la disponibilidad de la energía eléctrica para riego es hoy un factor determinante a la hora de analizar la viabilidad de una inversión potencial o la rentabilidad de los actuales. El incremento de las áreas bajo riego queda en la actualidad sujeta a la disponibilidad de este recurso energético.

La importancia de la preservación del ambiente y los recursos naturales nos compromete cada vez más e indican la necesidad de establecer políticas de estado que contemplen un uso racional de los mismos. Esto, entre otras cosas, nos desafía a la generación y la difusión de conocimientos que contribuyan a entender cabalmente los procesos productivos, la naturaleza y la dinámica de los recursos que participan, facilitando la generación e instrumentación de políticas a tal fin.

La superficie factible de riego del área de estudio se encuentra, de acuerdo a las características climáticas, geológicas, geomorfológicas e hidrológicas, dentro de la Unidad Ambiental Llanura Subhúmeda bien drenada (Cantero G., A. *et al.*, 1998).

Los principales cultivos extensivos regados en la actualidad dentro del área de estudios son en orden de importancia, de acuerdo a la superficie sembrada: maíz, soja, trigo y maní. Empleándose prácticamente en su totalidad equipos de pivote central utilizando como recurso agua subterránea.

Puiatti *et al.* (2002) comprobaron, en equipos de riego presurizado de la zona, que no se realizan programaciones de riego basadas en las reales necesidades hídricas de los cultivos, sino solo en la operatividad de los equipos. Con programaciones adecuadas de riego y con altos coeficientes de uniformidad se conseguiría aumentar la eficiencia de riego y se aseguraría una alta producción, en el marco de una agricultura sostenible.

En consecuencia con lo expuesto, surge la necesidad de contar con la información necesaria para planificar y desarrollar el riego regional a partir de una conjugación de la calidad de los suelos, disponibilidad y calidad de agua y los reales requerimientos de uso consuntivo de los cultivos que en ellos se desarrollen. Es por ello que en el presente trabajo se pretende determinar la demanda y la oferta hídrica para el riego complementario en los Departamentos de Río Cuarto y Juárez Celman de la provincia de Córdoba a fin de establecer la necesidad de infraestructura energética futura.

OBJETIVOS

Establecer la demanda hídrica para el riego complementario de los cultivos tradicionales correspondiente a la región de estudio, considerando las diferentes condiciones climáticas, tipos de suelo y fechas de siembra.

Determinar la oferta hídrica superficial y subterránea temporal del área considerada.

Estipular en base a la oferta hídrica tamaño de los equipos de riego y superficies factibles de ser regadas.

MATERIAL Y MÉTODO

Ubicación y extensión del área de estudio

El área de estudio se corresponde con la superficie ocupada por los Departamentos de Río Cuarto y Juárez Celman, Provincia de Córdoba, Argentina. Encontrándose la Universidad Nacional de Río Cuarto ubicada en el centro de la misma.

La superficie que abarca el proyecto es del orden de las 2 millones de hectáreas cultivadas correspondiéndose con las de mayor potencial productivo agropecuario de la provincia.

La determinación del área de estudio se efectuó a partir de los mapas de aptitud para riego de suelos (Zamora y Jarsun, 1997) y de los mapas de calidad de agua (Martellotto et al., 2005) en los departamentos de Río Cuarto y Juárez Celman.

a) Clima

A fin de determinar los requerimientos hídricos de los cultivos y realizar los balances correspondientes para establecer la demanda hídrica se contó con la información de la estación meteorológica automática de la Cátedra de Agrometeorología de la UNRC. Se trabajó con la serie 1978-2008.

De esta serie se determinaron los promedios por décadas y además se estableció la probabilidad de ocurrencia del 70 % para cada una de ellas. Posteriormente a partir de estos resultados se obtuvieron las precipitaciones efectivas empleando la metodología del Bureau of Reclamation (Doorenbos y Pruitt, 1977).

La determinación de la evapotranspiración de los cultivos de acuerdo a las diferentes épocas de siembra se realizó empleando el método de FAO Penman-Montheith (Allen *et al.*, 1998).

La estimación de la demanda de riego de los diferentes cultivos se realizó a partir de los datos climáticos históricos empleando los valores de la serie y con un nivel de probabilidad de ocurrencia del 70 %, de precipitación efectiva. En el Cuadro 1 se muestran los datos de precipitación.

Cuadro 1: Precipitación regional

	Enero			Febrero			Marzo			Abril			Mayo			Junio		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Promedo serie	51,38	43,29	45,34	31,81	33,92	28,31	33,30	28,27	32,47	23,63	15,26	16,05	7,50	10,40	10,33	2,93	3,64	5,63
Pe serie	38,46	36,79	38,54	27,04	28,83	24,06	28,31	24,03	27,60	21,26	15,26	14,45	7,50	10,40	10,33	2,93	3,64	5,63
Prob. 70%	20,51	18,42	11,86	6,27	10,05	3,72	14,07	7,50	15,65	6,15	1,43	0,90	0	0	0	0	0	0
Pe 70%	18,46	16,58	11,86	6,27	10,05	3,72	14,07	7,50	15,65	6,15	1,43	0,90	0	0	0	0	0	0
	Julio			Agosto			Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Promedo serie	6,97	2,92	4,79	8,61	6,41	16,70	8,61	6,41	16,70	12,75	22,22	37,96	33,45	40,73	46,54	36,21	41,06	52,78
Pe serie	6,97	2,92	4,79	8,61	6,41	16,70	8,61	6,41	15,03	12,75	19,99	32,26	28,43	34,62	39,56	30,78	34,90	39,58
Prob. 70%	0	0	0	0	0	0	0	0	1,65	2,15	4,21	8,18	13,30	15,91	13,39	21,51	26,96	29,08
Pe 70%	0	0	0	0	0	0	0	0	1,65	2,15	4,21	8,18	13,30	15,91	13,39	19,36	22,92	24,72

Para establecer la demanda de la superficie total factible de ser regada mediante pivote, se consideró solo aquellos establecimientos que superan las 200 ha y que son trabajados por propietarios.

b) Suelos

Los suelos pertenecientes al área de estudio se encuentran dentro de la unidad ambiental denominada llanura subhúmeda bien drenada. Poseen un gradiente de altitud de 600 a 200 m snm, con un relieve suavemente ondulado.

Los suelos varían de oeste a este desde Haplustoles típicos, Hapludoles típicos, Argiudoles en los sectores más planos y en general, no presentan problemas de drenaje interno y externo (Cantero *et al.*, 1998).

c) Cultivos

La superficie considerada para los diferentes cultivos en los respectivos departamentos estudiados, es la correspondiente al Censo Nacional Agropecuario 2002 (CNA 2002) del INDEC.

Para determinar la superficie de cada cultivo, en la extensión factible de ser regada, se mantuvieron los mismos porcentajes que cada uno de ellos representan sobre la superficie total de los departamentos.

Los ciclos estimados para los diferentes cultivos fueron los considerados adecuados y mayormente empleados de acuerdo a información recabada en productores y los técnicamente aconsejados.

d) Recursos hídricos

El principal recurso hídrico disponible para riego en el área de estudio es de origen subterráneo, estando limitado su uso más que por su cantidad por su calidad, la cual varía de acuerdo a la naturaleza de los materiales del subsuelo con el cual a tenido contacto.

Con respecto a la oferta hídrica superficial si bien el área es recorrida por diferentes arroyos con buena calidad de agua para riego, sus caudales pueden llegar a cubrir la demanda de una escasa superficie más si se tiene en cuenta los remanentes para sostener la biodiversidad.

La mayor parte los cursos de agua de la región tienen sus nacientes en las Sierras de Comechingones. En los tramos medios reciben aporte freático por lo que adquieren carácter de permanente. Sin embargo algunos cursos se infiltran a la salida de la sierra aportando al sistema subterráneo. El mas típico ejemplo es el río Alpa Corral-Las Barrancas, que luego de infiltrarse adquiere el nombre de Río Seco (Degiovanni y Blarasin, 2005). Dentro de los escurrimientos superficiales, el de mayor importancia es el río Cuarto el cual cubre en la actualidad la mayor parte del riego por superficie del cinturón verde de la ciudad homónima.

e) Régimen de tenencia de la tierra y características de las explotaciones

La distribución de la superficie de las explotaciones agropecuarias con límites definidos, por régimen de tenencia de la tierra privada o fiscal, en los departamentos comprendidos en el proyecto, según el CNA 2002, se reparten en los porcentajes que se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Régimen de tenencia de la tierra

Régimen	Juárez Celman		Río Cuarto	
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
Propiedad	396.809,0	53,1	1.008.455,7	68,7
En sucesión indivisa	18.426,6	2,5	29.839,0	2,0
Arrendamiento	105.800,9	14,2	356.849,6	24,3
Aparcería	3.692,5	0,5	11.281,5	0,8
Contrato accidental	215.871,5	28,9	49.894,0	3,4
Ocupación	2.321,5	0,3	6.750,9	0,5
Otros	3.709,5	0,5	5.220,5	0,3
Total	746.631,5	100,0	1.468.291,2	100,0

De acuerdo a este mismo censo el porcentaje de la superficie total ocupada por establecimientos agropecuarios que superan las 200 ha es del 26,3 % en el departamento de Juárez Celman y de 39.0 % en el de Río Cuarto.

f) Riego

La superficie actualmente regada en los dos departamentos estudiados de acuerdo al CNA 2002 es la que se indica en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Superficie efectivamente regada según método de riego

Método de riego	Juárez Celman		Río Cuarto	
	Superficie (ha)	%	Superficie (ha)	%
Gravitacional	1,0	0,01	1017,8	20,96
Aspersión	7298,0	99,98	3838,2	79,02
Goteo	1,0	0,01	1,0	0,02
Total	7300,0	100,00	4857,0	100,00

La superficie factible de ser regada en el área de estudio se determinó en base a los estudios de aptitud para riego de los suelos (Zamora y Jarsun, 1997) y de calidad del agua subterránea para riego (Martellotto et al., 2005)

RESULTADOS

De acuerdo a la evaluación realizada, en base a los estudios de suelo y calidad de agua para riego, la superficie factible de ser regada es de 490.000 ha para el departamento de Juárez Celman y 528.000 ha para el de Río Cuarto. Para el primero de ellos el 26,3 % de la superficie es ocupada por establecimientos que superan las 200 ha y el 53,1 % de la misma está en mano de propietarios lo que da una superficie potencial factible de riego de 68.430 ha. Para el segundo esta superficie potencial factible de riego es de 141.467 ha dado que presenta un 39 % del área con establecimientos de más de 200 ha y el 68,7 % trabajados por propietarios.

La superficie actualmente regada de acuerdo al CNA 2002 y cotejado con las imágenes satelitales es de 7.298 ha para el departamento de Juárez Celman y 3.832 ha para el de Río Cuarto, correspondiendo al 15 % y 4,4 % respectivamente en relación a la superficie potencialmente regable, lo cual indica que la práctica del riego en la región estudiada no está aun lo suficientemente desarrollada.

El área promedio de cada cultivo dentro de esta superficie factible de ser regada, manteniendo los porcentuales que actualmente se realizan de cada uno de ellos, son los indicados en el Cuadro 4.

En el Cuadro 5 se muestra la demanda evaporativa y el déficit de los diferentes cultivos, por década, considerando la precipitación efectiva para los valores medios normales y para el 70 % de probabilidad, indicada en el Cuadro 1.

Cuadro 4: Superficie (ha) factible de riego en los departamentos de Juárez Celman y Río Cuarto

Cultivos	Departamentos			
	Juárez Celman		Río Cuarto	
	%	Superficie	%	Superficie
Trigo	9,72	47644,85	6,08	32084,09
Girasol	1,79	8787,16	3,86	20361,86
Maíz	14,96	73327,73	16,89	89177,73
Maní	15,06	73793,24	2,98	15756,25
Soja 1º	22,02	107876,08	26,34	139079,73
Soja 2º	9,42	46154,70	5,54	29259,46
Sorgo	0,18	865,65	0,31	1657,09
Pasturas	26,85	131550,59	38,00	200623,78
Total		490000,00		528000,00

Cuadro 5: Demanda y déficit según los diferentes cultivos (mm por década)

		TRIGO			MAÍZ			SOJA 1*			SOJA 2*			GIRASOL			MANÍ			SORGO			PASTURAS			
		Dem	Déf	Etc	Dem	Déf	Etc	Dem	Déf	Etc	Dem	Déf	Etc	Dem	Déf	Etc	Dem	Déf	Etc	Dem	Déf	Etc	Dem	Déf	Etc	
		S	70%		S	70%		S	70%		S	70%		S	70%		S	70%		S	70%		S	70%		
Jun	1																							10	7	10
	2																							8	4	8
	3	4	-2	4																				8	3	8
Jul	1	6	-1	6																				8	1	8
	2	17	14	17																				11	8	11
	3	19	14	19																				11	6	11
Ago	1	22	18	22																				12	9	12
	2	22	21	22																				13	11	13
	3	29	23	29																				17	10	17
Sep	1	33	24	33																				24	15	24
	2	40	33	40																				29	22	29
	3	48	33	47																				35	20	33
Oct	1	43	30	41	11	-2	9						13	0	11									35	23	33
	2	42	22	37	12	-8	8						15	-5	10					12	-8	8		39	19	35
	3	27	-5	19	30	-3	21	18	-14	10			30	-3	21	18	-14	10	14	-19	6	43	11	35		
Nov	1	20	-9	6	49	21	36	20	-9	6			42	14	29	20	-9	6	25	-4	11	51	22	38		
	2	14	-21	-2	60	25	44	35	1	20			55	20	39	22	-13	6	44	9	28	56	22	40		
	3				65	25	52	57	17	43			62	23	49	45	6	32	57	17	43	58	18	45		
Dic	1				63	32	43	58	27	38			60	29	41	52	22	33	56	26	37	56	26	37		
	2				69	34	46	66	31	43	23	-12	0	66	31	43	62	27	39	63	29	41	62	27	39	
	3				66	27	42	64	24	39	22	-17	-3	64	24	39	62	22	37	61	21	36	60	20	35	
Ene	1				65	26	46	62	24	44	35	-3	17	62	24	44	62	24	44	59	21	41	57	19	39	
	2				62	26	46	62	26	46	54	18	38	62	26	46	62	26	46	60	23	43	58	21	41	
	3				56	18	44	59	20	47	56	18	44	56	18	44	59	20	47	51	12	39	54	16	42	
Feb	1				46	19	40	53	26	47	53	26	47	46	19	40	53	26	47	37	10	31	46	19	40	
	2				29	0	18	52	23	42	55	26	45	17	-12	7	52	23	42	26	-3	16	48	19	37	
	3							43	19	39	49	25	46				26	2	22				43	19	39	
Mar	1							18	-11	3	40	12	26				39	10	25				32	4	18	
	2										36	12	28				19	-5	11				28	4	21	
	3										30	3	15				16	-12	0				24	-4	8	
Abr	1										27	6	21										19	-3	12	
	2										24	8	22										18	3	17	
	3										11	-4	10										16	2	16	
May	1																						11	4	11	
	2																						9	-1	9	
	3																						9	-1	9	

Dem: Demande del cultivo

Déf: Déficit

Iluvia

Etc: Evapotranspiración del cultivo

S: Déficit según serie 1978-2008

70%: Déficit según probabilidad de 70% de ocurrencia de

A partir de este déficit y la superficie de cada cultivo se determinó la demanda volumétrica para cada departamento, tanto para valores medios normales como para el 70% de probabilidad de precipitación. Arrojando una demanda anual para la serie de 191.116.078 m³ y 381.089.250 m³ para el 70% de probabilidad en el Departamento de Juárez Celman, mientras que para Río Cuarto fue de 435.976.376 m³ y 869.378.733 m³ respectivamente.

El balance hídrico regional, en base a la precipitación efectiva y a la demanda de los diferentes cultivos, considerando los porcentajes de superficie ocupados en la actualidad por cada uno de ellos y asumiendo que la superficie desocupada se encuentra en barbecho, nos estaría brindando una recarga a los acuíferos de 116 mm. Ello llevaría a asumir que para cubrir la demanda correspondiente a la serie, se requiere un área de recarga del orden de 410.000 ha para el departamento de Río Cuarto y de 180.000 ha para el de Juárez Celman, superficies estas inferiores a la cuenca que conforma el escurrimiento del área apta para ser regada.

Acuífero freático

Teniendo en cuenta los materiales que conforman el acuífero freático y sus potencialidades y restricciones de explotación pueden considerarse dos grandes zonas:

Acuíferos en fajas fluviales más importantes: Se trata de sectores que bordean el río Cuarto y algunos tramos del sector medio del sistema Santa Catalina-del Gato. Donde debido a la alta conductividad hidráulica y transmisividad, los caudales potencialmente extraíbles son altos. El espesor medio de estas formaciones se encuentran entre 20-40 m, la conductividad hidráulica entre 5 y 50 m/día (posiblemente más en algunos sectores) y la transmisividad alcanza órdenes de 100 a 4000 m²/día. Los caudales de servicio relevados llegan hasta los 600 m³/h y los caudales específicos se encuentran en el orden de los 30-60 m³/h/m (Blarasin y Cabrera, 2005).

Acuíferos en el resto de la llanura cordobesa: corresponde a sedimentos fluviales en posiciones medias y distales y todas aquellas planicies intermedias, deprimidas y mal drenadas compuestas por materiales eólicos. Las conductividades hidráulicas se encuentran comprendidas en valores de 10⁻³ hasta 1 m/día (localmente hasta 5m/día), los valores más bajos suelen compensarse con potencias muy importantes de materiales a veces de varias decenas de metros, lo que genera importantes transmisividades. Los caudales de servicio son variables entre 5 y 50 m³/h y los caudales específicos oscilan entre los 0,5 y 2,5 m³/h/m, ambos dependen no sólo de variaciones granulométricas en el acuífero sino también del dispar diseño de las perforaciones (Blarasin y Cabrera, 2005).

Características hidrogeológicas y potencialidades de los acuíferos confinados

Los acuíferos confinados y semiconfinados se encuentran en la gran región localizada al este y sudeste de la franja pedemontana, encontrándose el área de surgencia algo más restringida al ámbito del sudeste cordobés. Estos acuíferos fueron menos estudiados que el freático y su funcionamiento sólo son conocidos parcialmente. Presentan moderada a alta conductividad hidráulica (5-20 m/día) pero no presentan espesores importantes (entre 5 y 10 m) lo que le confiere baja a mediana transmisividad. Algunas perforaciones que han alumbrado acuíferos confinados se ubican al este de Río Cuarto (180-240 m de profundidad, caudales de servicio entre 9 y 15 m³/h) (Blarasin y Cabrera, 2005).

Agua superficial

El área de estudio está atravesada por una cantidad importante de cursos superficiales, en los cuales lamentablemente no se han llevado a cabo mediciones sistemáticas de caudales, salvo en el río Cuarto durante el período 1960 – 1981, para el proyecto de la Presa Tincunaco (Amicarelli, 2004), el cual presenta un escurrimiento medio entre los meses de octubre a marzo, período de mayor demanda, de 5,21 m³/seg.

El Departamento de Geología de la UNRC, desde el año 2000 ha venido realizando mediciones en los diferentes cursos teniendo las estaciones de aforo ubicadas sobre las rutas principales de la región siendo los caudales promedio de cada curso (Eric, 2005) los indicados en el Cuadro 6.

Cuadro 6: Caudales promedios

Identificación del Curso	Q medio (m³/s)	Período de medición
Arroyo del Barreal - Ruta 36	0,317	2002 - 2005
Arroyo Tegua – Ruta 36	0,596	2002 - 2005
Arroyo Mosuc Mayú – Ruta 36	0,179	2002 - 2005
Arroyo Mosso – Ruta 36	0,049	2002 - 2005
Arroyo Santa Catalina – Ruta 8	2,379	2000 - 2005
Arroyo Chico – Ruta 8	0,430	2000 - 2005
Arroyo Las Lajas – Ruta 8	0,520	2000 - 2004
Arroyo Del Gato – Ruta 8	0,624	2000 - 2005
Arroyo Sampacho – Ruta 8	0,268	2000 - 2005
Arroyo Suco – Ruta 8	0,066	2000 - 2005
Arroyo Zelegua – Ruta 8	0,539	2002 - 2005
Arroyo Cortadera – Ruta 8	0,501	2002 - 2005
Arroyo Chajan – Ruta 8	0,084	2002 - 2005
Arroyo Los Jagueles – Ruta 35	0,182	2000 - 2005
Arroyo Chucul – Ruta 158	1,062	2002 - 2005
Arroyo Carnerillo – Ruta 158	0,526	2002 - 2005
Escurrecimientos totales	8,322	

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A partir de esta información, considerando la potencia de los acuíferos freáticos sería recomendable para sustentar el recurso en el tiempo, contemplar la construcción de perforaciones cuya explotación no supere los 150 m³/h en la zona de las fajas fluviales más importantes y los 60 m³/h en el resto de la región y en cuanto a la explotación de los acuíferos confinados y semiconfinados, dada la información existente en cuanto a sus rendimientos, no sería recomendable su uso para la alimentación de equipos de riego, mientras no se cuente con estudios más exhaustivos que puedan garantizar su empleo manteniendo un equilibrio del recurso.

Considerando una intervención sobre el recurso superficial extrayendo un 50 % de los módulos de escorrentía de estos arroyos, tendríamos disponible 4,161 m³/s, caudal que nos permitiría regar aproximadamente 5.500 ha.

En lo que respecta a los caudales de escurrimiento del río Cuarto, se tiene un módulo promedio entre los meses de octubre a marzo de 5,21 m³/s, que si consideramos el mismo criterio de aprovechamiento para riego de un 50 % brindaría abastecimiento para unas 3.200

ha gran parte de ellas ocupadas por el actual cinturón verde de la ciudad de Río Cuarto. Por otra parte debemos considerar que es la fuente de agua potable para esta ciudad y demás localidades ubicadas en las márgenes de este curso.

Los equipos de riego presurizado deben ser diseñados para cubrir una demanda hídrica de 6 mm diarios.

Considerando los requerimientos hídricos regionales y las velocidades de infiltración de los suelos del área factible de ser regada, los equipos de pivote central no deben superar las 50 ha por círculo, como máximo 60 ha, para que la intensidad de precipitación en los emisores de los extremos no generen escurrentía.

Emplear programaciones de riego que contemplen el almacenaje del agua de lluvia.

Contemplar la construcción de perforaciones para la explotación de los acuíferos freáticos que no superen los 150 m³/h en las fajas fluviales y los 60 m³/h en el resto de la región.

No emplear para riego acuíferos confinados y semiconfinados hasta no disponer de información más completa sobre el funcionamiento de los mismos.

BIBLIOGRAFIA

- Agencia Córdoba Ambiente – INTA.** (2006) Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba. Los Suelos. EEA Manfredi. Córdoba. Argentina. 612 p.
- Allen, R.G.; L. S. Pereira; D. Raes; M. Smith.** (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO. Irrigation and Drainage. Paper 56. Roma. Italia. 300 p.
- Amicarelli, H. P.** (2004) *Estadística Hidrológica de la Republica Argentina*. Ministerio de Planificación Federal. Inversión Pública y de Servicios. Secretaría de Obras Públicas. Subsecretaría de Recursos Hídricos. Edición EVARSA. 1º Ed. CD. ISBN 987-98869-3-3. Buenos Aires. Argentina
- Blarasin M.; A. Cabrera.** (2005). Aguas subterráneas: hidrolitología e hidroquímica regional. p. 41-52.
- Cantero G.; M. Cantú; J. Cisneros; J. Cantero; M. Blarasin; A. Degioanni; J. González; V. Becerrra; H. Gil; J. De Prada; S. Degioanni; C. Cholaky; M. Villegas; A. Cabrera; C. Eric,** (1998) *Las tierras y aguas del sur de Córdoba. Propuestas para un manejo sustentable*. Universidad Nacional de Río Cuarto. 119 p.
- Censo Nacional Agropecuario.** 2002. INDEC.
- Degioanni, S.; M. Blarasin.** (2005) *Hidrología superficial y morfodinámica de sistemas fluviales*. En: Aguas superficiales y subterráneas en el sur de Córdoba: Una perspectiva geoambiental.1:31-39. Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto. Córdoba. ISBN: 950-665-350-X.
- Doorenbos, J.; W.O. Pruitt.** (1977) *Las necesidades de agua de los cultivos*. Riego y Drenaje, FAO Paper 24. Roma. Italia. 194 p.
- Eric, C. F.** (2005) Anexo I A: Hidrometría. En: Aguas superficiales y subterráneas en el sur de Córdoba: Una perspectiva geoambiental.1:31-39. Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto. Córdoba. ISBN: 950-665-350-X.
- Gorgas, J.A.; E. Lovera; J. Tassile** (1996) *Posibilidades de riego complementario en cultivos tensivos de cosecha en Córdoba*. Sec. Agri. y Rec. Hídricos. Córdoba, 15 pp.
- Granda, J. A.** (2003) *Costo de la energía para riego. Análisis comparativo del costo operativo del milímetro de riego aplicado con energía eléctrica de la red o generada en el establecimiento*. Boletín Técnico EEA Manfredi. Año I N° 3. INTA Manfredi. Córdoba. 4 p.

- Martelloto, E.; A. Salinas; E. Lovera; P. Salas; C. Alvarez; J. Giubergia; S. Lingua.** (2005) Inventario y caracterización del riego suplementario en la provincia de Córdoba. Riego presurizado. Pívor central. Boletín N° 10. I.S.S.N. 1668-2882. EEA INTA Manfredi (Ed.). Argentina. 15 p.
- Puiatti, J. M.; R. Crespi; A. R. Rivetti** (2002). Riego *con equipos presurizados*. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo. 34(2): 27-33.
- Salinas, A.; J. Giubergia; P. Salas; V. Capuchino; J. Pappalardo; E. Lovera; J. Gorgas.** (2003) *Proyecto regional de agricultura sustentable e impacto ambiental*. EEA Manfredi. INTA. Manfredi. Córdoba. 7 p.
- Zamora, E.M.; B. Jarsun** (1997) *Aptitud para riego de los suelos de la Provincia de Córdoba*. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Recursos Renovables de la Provincia de Córdoba. 29 p.