

HORTICULTURA

Aprovechamiento de aguas lacustres de Chascomús, provincia de Buenos Aires, para riego de hortalizas

L. Génova; R. Andreau; W. Chale y M. Etcheverry

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. 60 y 119 (1900) La Plata.
hidroagri@agro.unlp.edu.ar

Recibido: 8/7/09

Aceptado: 14/4/11

Resumen

Génova, L.; Andreau, R.; Chale, W. y Etcheverry, M. 2011. Aprovechamiento de aguas lacustres de Chascomús, provincia de Buenos Aires, para riego de hortalizas. *Horticultura Argentina* 30(71): 16-23.

La producción hortícola a campo consume altos volúmenes de agua de regadío, que en la provincia de Buenos Aires es mayoritariamente subterránea, generando costos de alumbramiento elevados, aunque existen cuerpos de agua superficiales aprovechables, como ríos, arroyos, drenes y lagunas. La comarca lagunera del partido de Chascomús, alimenta 49 lagunas, que constituirían una fuente alternativa de agua para riego, si se cumplen tres condiciones: a) equilibrio entre la descarga por captación y la recarga por lluvias, b) disminución mínima del nivel de agua que no alteren al sistema biótico ni a las actividades recreativas humanas, y c) factibilidad técnica, económica y financiera del aprovechamiento hídrico con fines de riego. Se propuso identificar tierras con aptitud agrícola, cercanas a las lagunas; evaluar la oferta de aguas lacustres, asumiendo un cri-

terio de captación máxima del 5 % del volumen total embalsado; caracterizar la demanda hídrica del modelo productivo integrado por chaucha, papa, tomate y zapallo y estimar las superficies potencialmente regables. Las ofertas hídricas, considerando la capacidad de almacenaje y la salinidad del agua, satisfacen las demandas hídricas para regar 8.079 ha y 4.040 ha con una dotación de riego mínima de $0,4 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$, mientras que una dotación de riego de $0,9 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$, posibilitaría regar 3.591 ha y 1.795 ha con los volúmenes extraíbles. Profundizando estudios agroecohidrológicos, económicos e hidráulicos, podría planificarse la creación de Distritos de Riego que incluyan obras de regulación de ríos, arroyos, drenes y lagunas, para contribuir al desarrollo socioeconómico regional, promoviendo el aprovechamiento de excedentes hídricos superficiales, que actualmente desaguan en el Río de la Plata.

Palabras clave adicionales: lagunas bonaerenses, irrigación, cultivos hortícolas.

Abstract

Génova, L.; Andreau, R.; Chale, W. and Etcheverry, M. 2011. Horticultural crops irrigation and water lagoons supply in Chascomús county, Buenos Aires province. *Horticultura Argentina* 30(71): 16-23.

The horticultural field production consumes high volumes of water irrigation, that in the Buenos Aires Province is mainly underground water, generating important pumping costs, although available superficial water bodies exist, like rivers, streams, drains and lagoons. The Chascomús region feeds 49 lagoons, that would constitute an alternative irrigation water source, if three conditions are verified: a) balance between the discharge by pumping and the charge by rains, b) minimum water level diminution that do not degrade to the biotic system nor human recreational activities, and c) technical, economic and financial feasibility of the irrigation practice using these waters. The objectives were to identify earth around the lagoons with agricultural aptitude, to evaluate the lagoon water supply, assuming a maximum extraction criteria about 5 % of the total

store volume; to characterize the hydric demands of the productive model integrated by bean, potato, tomato and cucumber and to estimate the potentially irrigated areas. The main results were: a) there are more than 16,000 hectares of adequate soil quality, b) the hydric supplies, considering the lagoons storage capacity and the water salinity, satisfy the water demands of 8,079 hectares and 4,040 hectares, respectively, when a flow of $0,4 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ per hectare is required, whereas it could be irrigated 3,591 hectares and 1,795 hectares applying $0,9 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ per hectare. Deepening agricultural, economic, ecological, hydraulic and hydrologic studies, the creation of Irrigation Districts could be planned, including rivers, streams, drains and lagoons regulation works, to contribute to the regional socioeconomic development, promoting the use of the excess superficial hydric resources, that at the moment are drained at the Río de la Plata river.

Additional keywords: Superficial water use, furrows and sprinkling irrigation methods.

1. Introducción

La Pampa bonaerense requiere alternativas productivas que mejoren la rentabilidad de las actividades agrícolas, optimizando el uso racional de los re-

ursos hídricos y edáficos, que existen en cantidad y calidad suficientes para encarar proyectos de desarrollo.

La producción de hortalizas a campo continúa siendo una actividad muy difundida en los alrede-

dores de las ciudades bonaerenses, satisfaciendo los requerimientos hídricos de los cultivos mediante el riego, con aguas mayoritariamente de localización subterránea. El uso de los acuíferos para la provisión de agua de regadío presenta algunos inconvenientes. Por un lado, la sustentabilidad de los recursos hídricos puede comprometerse debido a que la sobreexplotación de un acuífero puede degradarlo por contaminación salina proveniente de otro acuífero subyacente, que generalmente presenta mayor grado de mineralización que el superior (González, 2004; Hernández, 2005). La calidad de los suelos cultivados y regados puede alterarse por el aporte de sales contenidas en las aguas subterráneas, frecuentemente de naturaleza química bicarbonatada sódica, con salinidades entre 0,7 y 2,2 dS·m⁻¹ de conductividad eléctrica (CE_a) y peligrosidad de sodificación indicada por valores de la relación de adsorción de sodio RAS entre 8 y 20. Este aporte de sales, podría salinizar y hasta sodificar los suelos, cuando coinciden situaciones indeseables en los agroecosistemas, como drenaje imperfecto, exceso de sales y/o sodio en las aguas, manejo del riego inadecuado, bajas precipitaciones que no alcanzan a lavar la salinidad, suelos con baja capacidad de intercambio catiónico o pobres en calcio, etc. (Génova, 2003; Génova, 2007). Por otro lado, los costos totales del alumbramiento del agua subterránea, son elevados, pues incluyen la construcción de pozos, su equipamiento con bombas centrífugas de eje vertical, motores y transmisiones y los costos operativos integrados por el mantenimiento y reparación de obras y equipo y el consumo energético.

Dentro del territorio bonaerense existen distintos tipos de cuerpos de agua superficiales, como ríos, arroyos, drenes y lagunas. Estas últimas presen-

tan una característica deseable desde en punto de vista de la accesibilidad de la captación, ya que el desnivel entre el pelo de agua y el terreno a regar es relativamente escaso, del orden de 2 a 10 m, compatible con el tipo de bombas centrífugas a instalar y los costos totales de equipamiento y bombeo.

La cuenca del sistema lacustre del partido de Chascomús, con una extensión de alrededor de 1.500 km², alimenta casi medio centenar de lagunas, que constituirían una fuente alternativa de agua para riego, si se cumplen tres condiciones: a) equilibrio entre la descarga por captación y la recarga por lluvias, b) inalteración del sistema biótico y de las actividades recreativas humanas por disminución estacional del nivel de agua, y c) la suma de los costos del equipamiento y obras y de los costos operativos de mantenimiento y energía, que deben asegurar la factibilidad económica y financiera del aprovechamiento.

Los objetivos de este trabajo fueron: a) relevar la aptitud agrícola para producir hortalizas en las tierras cercanas a los cuerpos lagunares, b) evaluar la oferta hídrica de las lagunas, c) evaluar la demanda hídrica total del modelo productivo integrado por los cultivos de chaucha, papa, tomate y zapallo, regados bajo riego por surcos y aspersión, y d) estimar la superficie potencialmente regable confrontando la oferta y demanda hídricas.

La hipótesis planteada es que existen tierras aptas para la producción hortícola en los alrededores de las lagunas, cuyas masas de agua disponibles permiten estimar volúmenes extraíbles compatibles con caudales ecológicos, constituyendo una oferta hídrica que puede satisfacer la demanda hídrica de superficies cultivadas relevantes en magnitud.

2. Materiales y métodos

Se seleccionó el territorio del partido de Chascomús, representativo de comarcas bonaerenses con abundantes masas de agua embalsadas en lagunas de carácter hidrológico permanente, con calidades de aguas aptas para riego.

En base a la cartografía de suelos a escala 1: 500.000 de la SAGyP-INTA (1986) y a escala 1: 50.000 del CIRN-INTA (1982, 1986), siguiendo el esquema de evaluación de tierras de la FAO realizado por Nakama y Alfieri (1985) y Nakama y Sobral (1987), Maiola (1997) determinó la aptitud agrícola de los suelos del área estudiada.

La oferta de agua superficial se obtuvo a partir de la evaluación efectuada por Mugetti *et al.* (2000),

Tabla 1. Aptitud agrícola de los suelos.

Serie de suelo	Aptitud para maíz	IP (%)
Abbot	A2 o.	61
Alejandro Korn	A2 o t.	55
Chascomús	A2 o.	62
La Delicia	A2 pe.	41
La Laguna	A3 o.	43
Los Naranjos	A1.	80
Pila	A2 o.	61
Rincón de López	A2 o.	57
San Vicente	A2 o.	76
Udaondo	A1.	68

quienes identificaron las lagunas presentes, analizaron la cartografía y los antecedentes hidrológicos (Toresani *et al.*, 1994), realizaron batimetrías, construyeron un modelo matemático para generar la capacidad de almacenaje cuando no se contaba con mediciones de niveles de agua (Gamino *et al.*, 1997), estudiaron la variación volumétrica de las lagunas mediante balances hidrológicos y obtuvieron volúmenes y alturas mínimas de las lagunas seleccionadas, tomando en cuenta las cotas IGM de desborde.

Se establecieron dos tipos de volúmenes disponibles, reduciendo los volúmenes potenciales de embalse en base a los siguientes criterios: a) considerando la variación estacional del almacenaje en función de los balances hídricos durante ciclos “húmedos” y “secos” de un período de 60 años de registros agrometeorológicos, se asumieron como disponibles a los mínimos volúmenes esperados en los reservorios, correspondientes al ciclo seco y b) tomando en cuenta la concentración salina del agua en estiaje, se optó por considerar disponibles al 50 % de los volúmenes mínimos por almacenaje. Por último, para no producir alteraciones ambientales, se estableció como criterio de “caudal ecológico”, proponer máximos volúmenes extraíbles calculados como el 5 % de los volúmenes disponibles, que asegura variaciones mínimas de los niveles de agua embalsados.

La demanda hídrica total mensual (DH) para los meses de octubre a marzo se estimó de dos maneras, una tomando en cuenta las lluvias y otra desestimándolas. En ambos casos se incrementaron, para considerar las pérdidas de agua por percolación profunda, las necesidades de riego (Nr) o la evapotranspiración de cada cultivo (Etc) del modelo productivo, con las eficiencias de aplicación de agua de los métodos de riego propuestos, del 60 % para el riego por surcos de chaucha, tomate y zapallo y del 80 % para el riego por aspersión de la papa. No se consideraron eficiencias de conducción, pues se planteó el uso de tuberías para vincular la captación por bombeo desde las lagunas con los terrenos a regar. Las Nr se calcularon aplicando:

$$Nr = Etc - Pe \quad (1)$$

Donde:

Etc = evapotranspiración de cada cultivo (mm).

Pe = precipitación efectiva (mm).

La Etc se asumió como estimador del requeri-

miento hídrico de los cultivos y calculó afectando la evapotranspiración de referencia (Eto) de Chascomús, obtenida con el método de Penman-Monteith, procesado con el programa Cropwat 4 versión Windows 4.3 de la FAO (2008), con los coeficientes de cada cultivo, calculados con el método FAO (Evapotranspiración del cultivo, 2008), de acuerdo a:

$$Etc = kc \cdot Eto \quad (2)$$

Donde:

Etc = evapotranspiración de cada cultivo (mm·d⁻¹).

Eto = evapotranspiración de referencia (mm·d⁻¹).

kc = coeficiente de cultivo.

La precipitación efectiva (Pe) se estimó promediando los resultados de los métodos del US Bureau of Reclamation y del US Soil Conservation Service, ambos operados por el programa Cropwat FAO (2008). Los datos climatológicos utilizados para la estimación de la Eto y de la Pe provinieron de la Estadística Meteorológica de Chascomús, serie 1961-1990 del Servicio Meteorológico Nacional.

La demanda hídrica mensual total de los cultivos del modelo productivo se calculó con:

$$DHc = Eto \cdot kc \cdot d \cdot f \cdot Efa^{-1} \quad (3)$$

Donde:

DHc = demanda hídrica de cada cultivo (m³).

d = número de días del mes.

f = factor de conversión (10 m³·ha⁻¹·mm⁻¹).

Efa = eficiencia de aplicación del método de riego (%).

La demanda hídrica total mensual unitaria del modelo productivo (cuatro cultivos) se calculó como:

$$DHT = \sum DHc \cdot n^{-1} \quad (4)$$

Donde:

DHT = demanda hídrica total mensual unitaria (m³·ha⁻¹).

n = número de cultivos del modelo productivo.

El caudal continuo y la dotación de riego por unidad de superficie demandados adquieren el mismo valor y se obtuvieron de acuerdo con:

$$Qc = Dr = DHT \cdot s^{-1} \cdot 1.000^{-1} \quad (5)$$

Donde:

Qc = caudal continuo (L·s⁻¹·ha⁻¹).
 Dr = dotación de riego (L·s⁻¹·ha⁻¹).
 s = número de segundos del mes.

AR = área potencial regable (ha).
 Qce = caudal continuo extraíble (L·s⁻¹).

3. Resultados y discusión

Los volúmenes extraíbles fueron expresados en términos de caudales continuos extraíbles y con estos valores se calcularon las áreas potencialmente regables, haciendo:

$$AR = Qce \cdot Dr^{-1} \quad (6)$$

Donde:

El partido de Chascomús participa en la Pampa Deprimida con 422.500 ha, el 20 % correspondiente a la cuenca hidrográfica del río Samborombón y el 80 % a la del río Salado. El paisaje se caracteriza por un relieve plano, suavemente deprimido, con muy bajas pendientes, con una media del 0,2 por mil y mínimas de 0,15 por mil en la zona lagunera. La red

Tabla 2. Demanda hídrica de los cultivos que satisface las necesidades de riego.

	Dimensión	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Total
Eto	mm·d ⁻¹	3,43	3,85	4,26	4,53	4,35	3,89	
Eto	mm	106,3	115,5	132,1	140,4	121,8	120,6	736,7
Días del mes		31	30	31	31	28	31	182
Pp	mm	109,4	106,5	103,7	106,5	109,8	129,7	665,5
Pe	mm	76,6	74,5	72,6	74,5	76,8	90,8	465,8
kc chaucha		0,40	0,60	0,80	0,85	0,80	0,75	
kc papa		0,50	0,70	0,90	1,10	1,00	0,80	
kc tomate		0,45	0,65	0,85	0,95	0,90	0,70	
kc zapallo		0,40	0,60	0,80	0,90	0,90	0,75	
Etc chaucha	mm	42,5	69,3	105,6	119,4	97,4	90,4	
Etc papa	mm	53,2	80,9	118,9	154,5	121,8	96,5	
Etc tomate	mm	47,8	75,1	112,3	133,4	109,6	84,4	
Etc zapallo	mm	42,5	69,3	105,6	126,4	109,6	90,4	
Nr chaucha	mm	0,0	0,0	33,1	44,8	20,6	0,0	
Nr papa	mm	0,0	6,3	46,3	79,9	45,0	5,7	
Nr tomate	mm	0,0	0,55	39,7	58,9	32,8	0,0	
Nr zapallo	mm	0,0	0,0	33,1	51,9	32,8	0,0	
Factor de conversión	m ³ ·ha ⁻¹ ·mm ⁻¹	10	10	10	10	10	10	
Efic. riego por surcos		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Efic. riego por aspersión		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
Demanda chaucha	m ³	0,0	0,0	662	897	412	0,0	1.970
Demanda papa	m ³	0,0	79,0	579	999	562	71,0	2.290
Demanda tomate	m ³	0,0	11,0	794	1.178	656	0,0	2.638
Demanda zapallo	m ³	0,0	0,0	662	1.037	656	0,0	2.355
Demanda total 4 ha	m ³	0,0	90,0	2.696	4.111	2.285	71,0	9.253
Demanda media por ha	m ³ ·ha ⁻¹	0,0	22,5	674	1.028	571	17,8	2.313
Caudal continuo requerido	L·s ⁻¹	0,0	0,009	0,252	0,384	0,236	0,007	
Dotación de riego	L·s ⁻¹ ·ha ⁻¹	0,0	0,009	0,252	0,384	0,236	0,007	
Dotación de riego máxima	L·s ⁻¹ ·ha ⁻¹				0,400			

de drenaje se presenta mal definida y el ordenamiento de la evacuación hídrica es muy dificultosa.

La escasa pendiente regional determina que el agua precipitada permanezca en el sistema durante largos períodos de tiempo, en diferentes formas de almacenamiento, principalmente en el suelo, en las expansiones y en las lagunas de poca profundidad, prevaleciendo los flujos verticales (evaporación, evapotranspiración e infiltración) sobre los flujos horizontales (escurrimiento superficial, subsuperficial y subterráneo). Debido a la variación climática, se suceden balances hídricos deficitarios, que determinan sequías edáficas con otros donde la lluvia en exceso genera anegamientos e inundaciones.

El río Salado es el principal emisario del sistema de drenaje de la región homónima y en la cuenca inferior, posee las características propias de un río aluvial. En períodos de intensas lluvias, la regulación de los grandes volúmenes de agua que conduce es producida por la presencia de meandros, del

conjunto de lagunas encadenadas y de bajos que se colmatan estacionalmente, adquiriendo el escurrimiento superficial una forma preferentemente mantiforme. En las zonas topográficamente bajas del partido, se localizan unas 49 lagunas, algunas de importancia por su riqueza ictícola y recreativa. La dinámica hídrica zonal está íntimamente relacionada con el funcionamiento de carácter permanente o temporario de las mismas.

El territorio del partido de Chascomús presenta 50.700 ha con aptitud agrícola-ganadera y 275.500 ha con aptitud ganadero-agrícola (SAGyP, 1986), considerándose que ambas clases de tierras admiten el cultivo hortícola bajo riego, totalizando 326.200 ha, de las cuales, por razones de viabilidad económica, sólo se justifica regar terrenos cercanos a las lagunas, distantes no más de 5 a 6 km, que determinan costos de instalación de bombas centrífugas y tuberías compatibles con superficies de cultivo y riego de un mínimo de 10 ha (Génova *et al.*, 2000).

Tabla 3. Demanda hídrica de los cultivos que satisface el consumo evapotranspirativo.

	Dimensión	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Total
Eto	mm·d ⁻¹	3,43	3,85	4,26	4,53	4,35	3,89	
Eto	mm	106,3	115,5	132,1	140,4	121,8	120,6	736,7
Días del mes		31	30	31	31	28	31	182
kc chaucha		0,40	0,60	0,80	0,85	0,80	0,75	
kc papa		0,50	0,70	0,90	1,10	1,00	0,80	
kc tomate		0,45	0,65	0,85	0,95	0,90	0,70	
kc zapallo		0,40	0,60	0,80	0,90	0,90	0,75	
Etc chaucha	mm	42,5	69,3	105,6	119,4	97,4	90,4	
Etc papa	mm	53,2	80,9	118,9	154,5	121,8	96,5	
Etc tomate	mm	47,8	75,1	112,3	133,4	109,6	84,4	
Etc zapallo	mm	42,5	69,3	105,6	126,4	109,6	90,4	
Factor de conversión	m ³ ·ha ⁻¹ ·mm ⁻¹	10	10	10	10	10	10	
Efic. riego por surcos		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Efic. riego por aspersión		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
Demanda chaucha	m ³	851	1.386	2.113	2.387	1.949	1.809	10.495
Demanda papa	m ³	665	1.011	1.486	1.931	1.523	1.206	7.820
Demanda tomate	m ³	957	1.502	2.245	2.268	2.192	1.688	11.252
Demanda zapallo	m ³	851	1.386	2.113	2.528	2.192	1.809	10.879
Demanda total 4 ha	m ³	3.323	5.284	7.957	9.514	7.856	6.512	40.446
Demanda media por ha	m ³ ·ha ⁻¹	831	1.321	1.989	2.379	1.964	1.628	10.111
Caudal continuo requerido	L·s ⁻¹	0,310	0,510	0,743	0,888	0,812	0,608	
Dotación de riego	L·s ⁻¹ ·ha ⁻¹	0,310	0,510	0,743	0,888	0,812	0,608	
Dotación de riego máxima	L·s ⁻¹ ·ha ⁻¹				0,900			

Esta condición reduce el área de tierras aptas disponibles a unas 16.000 ha.

El resultado de un análisis más detallado de la aptitud de las tierras se muestra en la Tabla 1, con las series de suelos con aptitud agrícola, resultantes del estudio de aptitud de los suelos para maíz (Nakama & Alfieri, 1985) donde las clases resultantes fueron A1 = Clase muy apta, A2 = Clase moderadamente apta y A3 = Clase marginalmente apta. La evaluación de los índices de productividad (IP; %) de las tierras, fue realizada por Nakama y Sobral (1987).

La demanda hídrica de los cultivos integrantes del modelo productivo se estimó siguiendo dos criterios, uno descontando al consumo evapotranspirativo, la precipitación efectiva, proponiendo que la demanda hídrica satisfaga las necesidades de riego de los cultivos, planteando una hipótesis de mínima, con los valores mensuales que figuran en la Tabla 2. En la Tabla 3 se ven los valores de la demanda hídrica que satisface la evapotranspiración de los

cultivos, sin tomar en cuenta las lluvias, proponiendo una hipótesis de máxima demanda, fundamentada en dos razones: a) la variabilidad probabilística de las precipitaciones podría generar períodos de déficit hídrico y b) la necesidad de asegurar la disponibilidad de láminas de agua de riego que eliminen la ocurrencia de dicho déficit, no aceptable económicamente en la producción hortícola.

De esta manera, se estimaron dos dotaciones de riego requeridas, una de mínima, asumiendo que la precipitación constituye otra fuente de oferta hídrica, que alcanza un valor de $0,4 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$ y otra de máxima, desestimando las lluvias, que adquiere un valor de $0,9 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$.

En primer lugar, se descartaron 28 de las 49 lagunas existentes, por su escasa capacidad de almacenaje y luego se eliminaron otras tres lagunas, ubicadas al este del partido (M. García, San Luis y Viedma), porque los suelos aledaños no son aptos para la agricultura, quedando entonces 18 lagunas consideradas aprovechables.

Tabla 4. Oferta hídrica de las lagunas.

Laguna	Vol. máximo (almac) hm^3	Vol. disp. (almac) hm^3	Vol. extraíble (almac) hm^3	Caudal cont. (almac) $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$	Vol. disp. (salin.) hm^3	Vol. extraíble (salin.) hm^3	Caudal cont. (salin.) $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$	Dotación			
								Área regable (almac) ha	Área regable (salin.) ha	Área regable (almac) ha	Área regable (salin.) ha
								Dot 0,4	Dot 0,4	Dot 0,9	Dot 0,9
Adela	22,94	15,13	0,76	282	7,57	0,38	141	706	353	314	157
Chascomús	52,32	39,18	1,96	731	19,59	0,98	366	1.829	914	813	406
Chis-Chis	17,11	11,62	0,58	217	5,81	0,29	108	542	271	241	121
Del Burro	17,14	12,90	0,65	241	6,45	0,32	120	602	301	268	134
Del Medio	9,94	7,27	0,36	136	3,64	0,18	68	339	170	151	75
Esquivel	26,63	16,35	0,82	305	8,18	0,41	153	763	382	339	170
Las Averías	5,87	4,02	0,20	75	2,01	0,10	38	188	94	83	42
La Abrazadera	3,50	2,51	0,13	47	1,26	0,06	23	117	59	52	26
Las Barrancas	11,19	7,40	0,37	138	3,70	0,19	69	345	173	153	77
Las Encadenadas	5,49	3,21	0,16	60	1,61	0,08	30	150	75	67	33
La Espadaña	4,04	2,75	0,14	51	1,38	0,07	26	128	64	57	29
La Limpia	9,11	7,15	0,36	133	3,58	0,18	67	334	167	148	74
Las Mulas	10,57	7,64	0,38	143	3,82	0,19	71	357	178	158	79
La Posada	9,18	6,71	0,34	125	3,36	0,17	63	313	157	139	70
La Salada	8,54	5,81	0,29	108	2,91	0,15	54	271	136	121	60
La Tablilla	13,99	9,06	0,45	169	4,53	0,23	85	423	211	188	94
Vitel	17,22	11,07	0,55	207	5,54	0,28	103	517	258	230	115
Yalca	7,76	3,34	0,17	62	1,67	0,08	31	156	78	69	35
Totales	252,54	173,12	8,66	3.232	86,56	4,33	1.616	8.079	4.040	3.591	1.795

En cuanto a la calidad de las aguas, se dispuso de escasa información. Durante períodos normales, la laguna de Chascomús presenta aguas con CE_a de 1,25 a 2,2 $dS \cdot m^{-1}$, la laguna Yalca de 0,65 a 1,7 $dS \cdot m^{-1}$ y la laguna Vitel con 0,6 $dS \cdot m^{-1}$ en crecida, 0,93 a 1,4 $dS \cdot m^{-1}$ en condiciones normales y 2,8 $dS \cdot m^{-1}$ en estiaje. El rango entre 0,6 y 2,8 $dS \cdot m^{-1}$ explica la gran variabilidad de la concentración salina en función de los balances hídricos estacionales que determinan los volúmenes embalsados. Sin embargo, no se considera limitante la salinidad del agua para el riego de hortalizas, por tres razones: a) la tolerancia salina de las hortalizas, sin reducción de los rendimientos, según Maas y Hoffman (1984), citados por FAO (1985), es de 0,7 a 3,1 $dS \cdot m^{-1}$; b) el régimen de lluvias regional asegura el cumplimiento de los requerimientos de lixiviación para no alterar la salinidad del suelo, que es normalmente baja, del orden de $CE_{ex} = 0,15$ a 0,45 $dS \cdot m^{-1}$ y c) los volúmenes extraíbles respetarán siempre el mantenimiento del 50 % de los volúmenes disponibles en las lagunas.

La Tabla 4 muestra las distintas ofertas hídricas de las lagunas. En primer lugar, los volúmenes máximos de cada laguna, en función de sus superficies, profundidad media y ciclos normales de precipitación, totalizando 252,54 hm^3 . Considerando los volúmenes mínimos almacenados en ciclos hídricamente deficitarios, se obtuvieron volúmenes disponibles por almacenamiento, con un total de 173,12 hm^3 . Asumiendo como criterio ecológico de uso solamente captar el 5 % de estas masas de agua, queda un total de 8,66 hm^3 para la extracción, que genera un área regable máxima de 8.079 ha para una dotación mínima de riego de 0,4 $L \cdot s^{-1} \cdot ha^{-1}$ y un área regable mínima de 3.591 ha para la dotación máxima de riego de 0,9 $L \cdot s^{-1} \cdot ha^{-1}$.

Tomando en cuenta la concentración salina de las aguas generadas por la dinámica hídrica de los cuerpos lagunares, se propuso solamente disponer del 50 % de los volúmenes almacenados, que totalizan 86,56 hm^3 y de ellos extraer el 5 %, con lo que el volumen total extraíble de 4,33 hm^3 permitiría regar 4.040 ha con la mínima dotación de riego y 1.795 ha con la máxima dotación de riego. (Tabla 4).

La cuenca receptora de las lagunas encadenadas de Chascomús es de alrededor de 1.500 km^2 , por lo que la estimación de la recarga es 99,8 hm^3 , considerando una precipitación media de 665 mm durante el período octubre-marzo y un coeficiente de escorrentía $C_{esc} = 0,1$. La recarga supera en un 15 % a la mitad del volumen mínimo disponible (86,56

hm^3) teniendo en cuenta la salinidad de las aguas de las 18 lagunas consideradas. Si se compara la recarga con los volúmenes extraíbles propuestos, supera largamente estos valores, más de 11 veces el volumen extraíble por capacidad de almacenaje y 23 veces el volumen extraíble por salinidad.

4. Conclusiones

La oferta de masas de agua disponibles en 18 de las 49 lagunas existentes en el partido de Chascomús, seleccionadas por tres criterios: a) capacidades de almacenaje en períodos de balances hídricos deficitarios, b) variación del tenor salino y c) calidad de los suelos aledaños; es del orden de 173 hm^3 considerando los mínimos volúmenes embalsados y de 86,5 hm^3 asumiendo mantener siempre las lagunas con el 50 % de ese valor, para no captar aguas de alta salinidad. Aplicando un criterio de caudal ecológico, que no altere ni el ecosistema biótico ni las actividades recreativas, se propuso solamente extraer de las lagunas, el 5 % de los volúmenes disponibles, que resultan de 8,66 y 4,33 hm^3 para las restricciones por almacenamiento y por concentración salina.

Las demandas hídricas del modelo productivo conformado por los cultivos de chaucha, papa, tomate y zapallo, expresadas en términos de dotaciones de riego, fueron de 0,4 y 0,9 $L \cdot s^{-1} \cdot ha^{-1}$ cuando se consideró la precipitación efectiva como parte de la oferta hídrica y cuando se trabajó bajo la hipótesis de lluvia nula, respectivamente.

Confrontando las ofertas con las demandas hídricas, se obtuvieron las siguientes superficies potencialmente regables: 8.079 ha y 4.040 ha para satisfacer la menor dotación de riego con los volúmenes extraíbles, mientras que para regar con la mayor dotación, resultan regables 3.591 ha y 1.795 ha con los mismos volúmenes.

El régimen de precipitaciones en la cuenca imbrífera del área estudiada, asegura la recarga por escurrimiento hacia las lagunas de los volúmenes extraíbles propuestos y la cantidad de tierras agrícolamente aptas, cercanas a los cuerpos lagunares, del orden de 16.000 ha, casi duplican la máxima área potencialmente regable establecida.

Se estima que estas cifras muy conservadoras, justifican la realización de estudios y obras para el manejo y regulación de los caudales de los cursos y canales, la ampliación de reservorios naturales como los cuerpos lacunares existentes, bañados y otros bajos y la construcción de represas de llanura,

aprovechando los excedentes hídricos que actualmente constituyen enormes volúmenes evacuados al Río de la Plata.

Estudios de tipo agrohidrológicos, hidráulicos y ambientales más rigurosos, con una adecuación reglamentaria del Código de Aguas bonaerense, permitirían administrar los recursos hídricos con criterios modernos de aprovechamiento sustentable.

6. Bibliografía

- CIRN INTA. 1982, 1986. Carta de suelos de la R. Argentina. Hoja 3557 (25-26). Castelar.
- FAO. 1985. La calidad del agua en la agricultura. Serie Riego y Drenaje N° 29 Rev. 1. Roma.
- FAO. 2008. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Paper N° 56. Roma.
- Gamino, A.; Mena, G.; Mugetti, A.; Ricetti, E. & De Felippi, R. 1997. Disponibilidad de agua superficial para el cultivo de arroz con riego por inundación en el Partido de Chascomús. Programa Modernización Tecnológica, Subprograma Innovación Tecnológica. SECYT- CONICET. Proyecto PID 267. La Plata.
- Génova, L. 1999. Desarrollo agroindustrial en base a la producción de arroz (*Oryza sativa* L.) en la Pampa Deprimida Bonaerense. Proyecto BID-SECYT-CONICET-UNLP. La Plata.
- Génova, L.; Maiola, O.; Marassi, J.E. & Etcheverry, M. 2000. Aprovechamiento de suelos y aguas superficiales de Chascomús para la producción de arroz. Actas del XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Trabajo completo en CD ROM. Mar del Plata.
- Génova, L. 2003. Resistencia y resiliencia de suelos pampeanos a la degradación salina y sódica, disturbados por riego complementario. Rev. Facultad de Agronomía. 23 (2-3) 119:130. Bs. Aires.
- Génova, L. 2007. Resiliencia a la degradación salina y sódica de algunos suelos pampeanos, regados complementariamente con aguas subterráneas bicarbonatadas sódicas. Tesis doctoral. Fac. de Cs. Agrarias y Forestales, UNLP.
- González, N. 2004. Los ambientes hidrogeológicos de la Provincia de Buenos Aires. CISAUA-UNLP. La Plata. 20 pp.
- Hernández, M. 2005. Panorama ambiental de los recursos hídricos subterráneos en la Pcia. de Buenos Aires. Relatorio XV Cong. Geológico Argentino. La Plata.
- Maiola, O. 1997. Aptitud de los suelos del partido de Chascomús para el cultivo del arroz con riego por inundación. Proyecto "Desarrollo Agroindustrial en base a la producción de arroz (*Oryza sativa*) en la Pampa Deprimida Bonaerense. UNLP. La Plata.
- Mugetti, A.; Ricetti, E.; De Felippi, R.; Gamino, A. & Mena, G. 2000. Disponibilidad de agua superficial para el cultivo de arroz en la Provincia de Buenos Aires. Congreso Nacional del Agua. Santiago del Estero.
- Nakama, V. & Alfieri, A. 1985. Sistema interpretativo FAO para maíz en secano. Departamento de Suelos, CIRN, INTA. Tirada Interna 76. Castelar.
- Nakama, V. & Sobral, R. 1987. Indices de productividad de las tierras de la región pampeana. Programa Cropwat 4 Windows versión 4.3. 2007. AGLW-FAO. Roma.
- SAGyP-INTA. 1986. Proyecto PNUD Argentina 85/019. Buenos Aires.
- Servicio Meteorológico Nacional. 1961-1990. Estadística climática de la Estación Chascomús.
- Toresani, N.; López, H. & Gómez, S. 1994. Lagunas de la Pcia. de Buenos Aires. Ministerio de la Producción de Buenos Aires. La Plata.