

EVALUACIÓN HIDROLÓGICA DE UNA PRESA PARA RIEGO DE ARROZ EN ENTRE RÍOS

Duarte, Oscar⁽¹⁾, Lenzi, Luis⁽²⁾, Díaz, E. ⁽¹⁾, Boschetti, N⁽¹⁾ y C. Romero⁽¹⁾

⁽¹⁾Facultad de Ciencias Agropecuarias – UNER

⁽²⁾Centro Regional Litoral – INA.

Casilla de Correo 24. Correo Central. (3100) Paraná. Entre Ríos

Email: oduarte@fca.uner.edu.ar .Tel/FAX: 0343 - 4975075 / 083 interno 119

RESUMEN

La provincia de Entre Ríos con una importante red hídrica interna se destaca por el gran potencial del aprovechamiento de aguas superficiales, como fuente de agua para riego destinada principalmente al cultivo de arroz.

El área norte, con el 50% de su superficie cubierta por monte, con suelos de buena aptitud y condiciones de relieve y baja disponibilidad de agua subterránea, es una región apta para el riego a partir de agua superficial.

Existen en la provincia 63 represas destinadas a riego, planteándose estas como una alternativa válida. El principal problema que se presenta para el uso del recurso es la disponibilidad por la distribución anual de las precipitaciones y su alta irregularidad interanual.

El objetivo fue evaluar el potencial de uso del recurso hídrico superficial con destino a riego de arroz a partir de embalses de retención y almacenamiento.

Se implementaron seis represas de riego de arroz en el centro norte de la provincia con una estación climática, escalas hidrométricas, pluviómetros, un tanque de evaporación y mediciones de caudales de bombeo. Asimismo se generó un modelo de balance hídrico para la represa. Para ello se utilizó el proyecto de diseño de la misma e instrumental meteorológico automático e hidrométrico instalado. Se evaluaron tres campañas y se procesaron datos de estaciones climáticas oficiales del INTA y de la Dirección de Hidráulica de Entre Ríos. Se pudo medir en condiciones de años hidrológicamente extremos en diferentes campañas.

Se demostró que las represas no abastecen en todos los años hidrológicos las hectáreas proyectadas para riego, al no considerar la relación Volumen almacenado en el embalse – Cuenca de aporte y la recarga anual entre períodos de riego. Las entradas al sistema son el escurrimiento en la cuenca el 64 % y la precipitación sobre el embalse el 36 %. Las salidas están representadas por la evaporación en un 16 %, la infiltración por el 9% y el riego el 75%.

Palabras clave: presas, riego, arroz, agrohidrología

INTRODUCCION

La provincia de Entre Ríos con una importante red hídrica interna se destaca por el gran potencial del aprovechamiento de aguas superficiales, como fuente de agua para riego destinada principalmente al cultivo de arroz.

El área norte, con el 50% de su superficie cubierta por monte, con suelos de buena aptitud y condiciones de relieve y baja disponibilidad de agua subterránea, es una región apta para el riego a partir de agua superficial.

Existen en la provincia 63 represas destinadas a riego, planteándose estas como una alternativa válida. El principal problema que se presenta para el uso del recurso superficial es su disponibilidad en el periodo de riego, debido a la irregular distribución mensual y también a la alta irregularidad interanual de las precipitaciones que los originan.

La Fundación PROARROZ ha venido subsidiando a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNER y al Instituto Nacional del Agua para la ejecución del Proyecto: "DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL CON DESTINO A RIEGO, MEDIANTE EL USO DE EMBALSES DE ALMACENAMIENTO EN ENTRE RÍOS".

En el marco de este proyecto se están llevando a cabo las evaluaciones agrohidrológicas de las presas que resultan ser, para los casos de mala calidad del agua subterránea, prácticamente la única fuente de agua posible para el riego de arroz.

OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo son estimar el potencial de uso del agua superficial - según disponibilidad y calidad- con destino a riego de arroz a partir de embalses de almacenamiento en el centro- norte de Entre Ríos.

METODOLOGIA

Para estimar la cantidad de agua superficial disponible fueron establecidas las siguientes actividades:

- implementación de una estación meteorológica en proximidades de un embalse de almacenamiento,
- planialtimetría del área afectada por el embalse,
- monitoreo de las diferentes variables hidrometeorológicas intervinientes.

Para la caracterización de su calidad, las actividades que a continuación se presentan:

- Toma de muestras de agua en el embalse con niveles en diferentes estados,
- análisis físico- químico de las mismas.

Para alcanzar los objetivos y atendiendo a la metodología, en el área de estudio (figura 1), se instalaron:

- Escalas hidrométricas en seis embalses de la zona arrocerá irrigada a partir de represas.
- un tanque de evaporación normalizado según Servicio Meteorológico Nacional asociado con un anemómetro totalizador, en el Establecimiento “Estancia Santa María”.
- Pluviómetros tipo “B” en área de los embalses: Miraflores I, Pileco, La Concepción, Santa María, La Colorada y Roque Mario Tito.

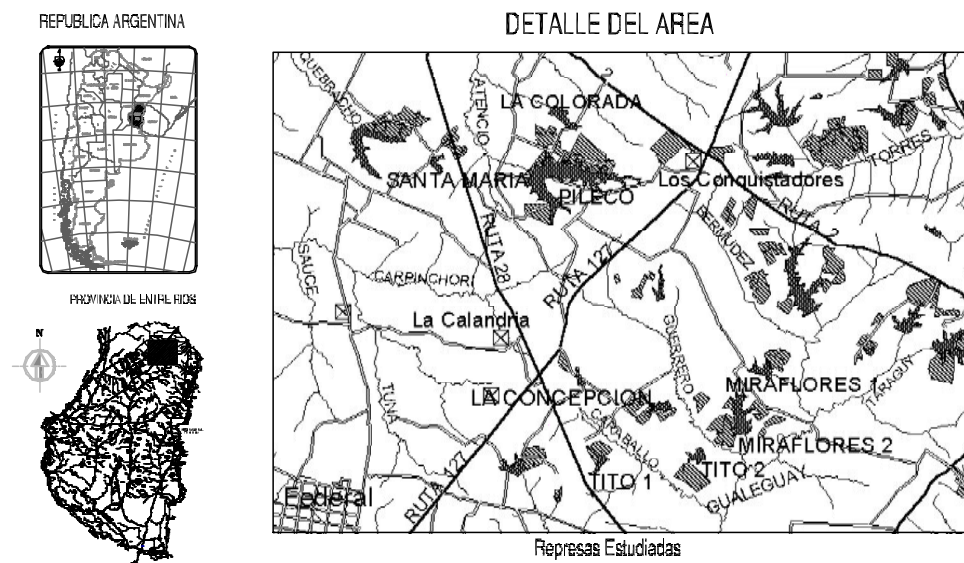


Figura 1. Ubicación del área de estudio

La adquisición de datos fue realizada por los encargados de los establecimientos, a los que se adiestró en la forma de registrar las observaciones diarias de las variables climáticas de los equipos instalados, lectura de las escalas hidrométricas, registro de las horas de bombeo diarias y número de bombas en funcionamiento.

Se tomaron muestras de agua, dos en período bajo riego, y uno al final de la campaña, en los diferentes embalses, para caracterizar químicamente la calidad de las mismas y su aptitud de agua para riego, y analizar la evolución en el tiempo de los parámetros más significativos (salinidad y sodicidad) e indicadores de contaminación por materia orgánica y fósforo.

Además, fueron procesados los datos climáticos y de precipitaciones de la EEA INTA-Concordia, INTA EEA- Uruguay y la DPH- San José de Feliciano, para poder comparar los valores de las mismas con los registros pluviométricos obtenidos en las áreas de embalses.

RESULTADOS

Las Figuras 2.a y 2.b presentan la ubicación relativa de las presas en estudio y el mismo área en la imagen satelital de la campaña 2003-04, con los límites de las cuencas de aporte a dichos embalses.

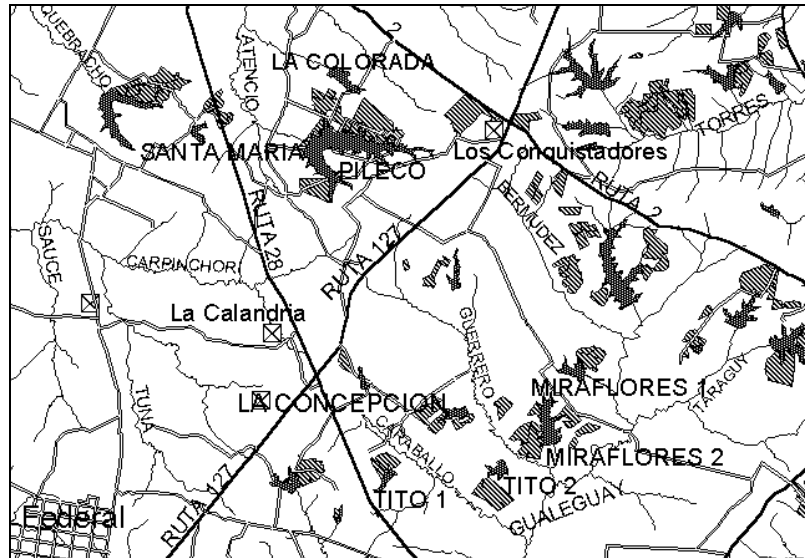


Figura 2.a. Croquis de ubicación de los embalses estudiados

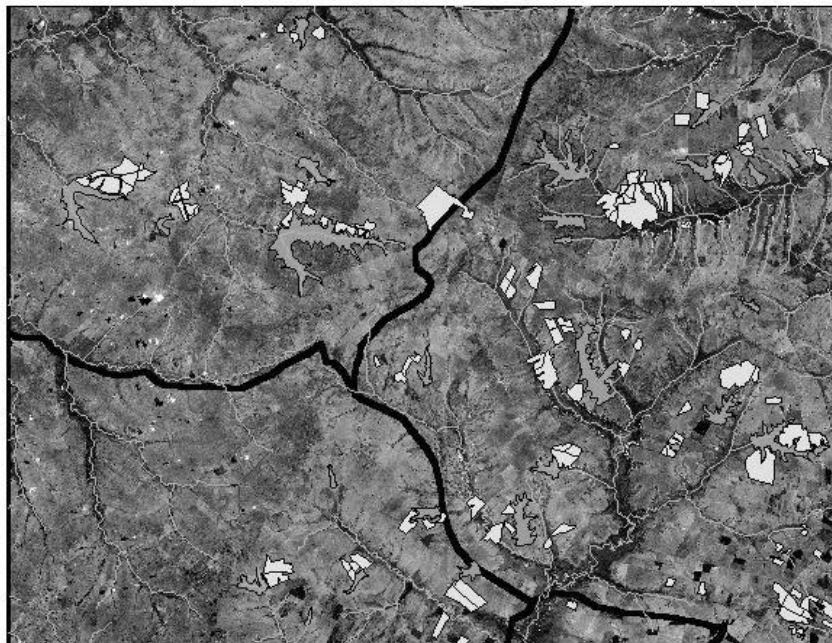


Figura 2.b. Imagen Satelital Campaña 2003-04

De las seis estaciones hidrométricas instaladas, la correspondiente a la represa Miraflores II no tuvo un registro, y en la represas Miraflores I, Pileco y Roque M. Tito, por problemas debido a que las escalas quedaron fuera de la profundidad de medición y operativos de acceso al lugar de medición, la serie de registros finaliza en el mes de Febrero

Clima del período analizado

La información climática analizada fueron las precipitaciones en los distintos pluviómetros de las estancias, los datos de la estación evaporimétrica en la Estancia Santa María y como control

de datos los correspondientes a la Estación INTA EEA Concordia y la de la DPH de San José de Feliciano.

En la Tabla 1 se presentan los datos de precipitaciones registrados en las estaciones ubicados en los establecimientos y su comparación con ambas estaciones oficiales.

Tabla 1. Datos de precipitaciones

Mes	La Concepción	Miraflores I	La Colorada	INTA EEA Concordia	DPH S.J. de Feliciano	Estancia Santa María
Oct.				96.1	161.0	69.0
Nov		104.0		249.0	188.0	156.0
Dic	106.0	84.5		102.0	156.0	117.5
Ene	29.0	42.0		73.5	26.5	0.0
Feb	95.0	75.0	26.0	58.0	56.5	87.0
Mar	141.0	0.0	68.0	82.2	69.5	
Abr	232.0		204.0		137.6	
May	10.0		19.0		21.5	
Jun	35.0				24.0	

La Tabla 2 muestra los datos de evaporación registrados en la Estancia Santa María y su comparación con las estaciones oficiales.

Tabla 2. Datos de Evaporación de Tanque

Mes	INTA EEA Concordia	DPH S.J. de Feliciano
Oct.	105.4	117.3
Nov	133.1	141.8
Dic	130.9	151.5
Ene	143.3	179.9
Feb	133.3	134.0
Mar	164.7	132.7

La Tabla 3 muestra los datos climáticos de la estación DHER de San José de Feliciano.

Tabla 3. Datos Agroclimáticos de la DHER S.J. de Feliciano

Parámetro / mes	2003			2004						Unidad
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	
Precipitación	161,0	188,0	156,0	26,5	56,5	69,5	137,6	21,5	24,0	mm
Evaporación tanque	117,3	141,8	151,5	170,9	134,0	132,7	88,5	46,9	41,5	mm
ET ₀	156,0	173,8	174,8	214,4	171,9	174,6	102,5	60,8	63,3	mm
Radiación neta media	11,7	14,9	15,3	17,1	14,5	11,3	7,7	4,6	3,7	MJ.m ² /día
Heliofanía media	7,3	9,2	8,7	10,4	9,5	8,3	6,0	4,4	4,2	Hora
Radiación neta mensual	363,3	448,3	475,4	528,6	405,7	351,6	230,7	141,2	110,6	Mj.m ² /mes
Heliofanía mensual	225,7	276,1	270,4	323,5	274,8	257,1	180,3	135,9	124,7	Horas
Heliofanía teórica	397,8	409,3	436,2	429,1	368,1	380,0	340,4	328,4	306,6	Horas
Temperatura media	20,2	21,7	22,3	26,1	24,2	23,4	20,5	13,3	14,7	°C
Humedad Relativa	80	80	80	78	76	75	86	88	88	%
Velocidad viento a 2m	6,6	6,3	6,2	4,9	5,2	4,4	5,0	4,4	5,1	Km/h

Area irrigada por los embalses

La Tabla 4 presenta el área irrigada por cada uno de los embalses, valores que surgen a partir de lo informado por los propietarios y el relevamiento realizado por la Cátedra de Climatología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNER en la campaña 2003/2004.

Tabla 4. Datos de los embalses y superficie irrigada de arroz.

Embalses	Superficie (ha)			Superficie bajo riego de arroz (ha)	
	Cuenca	Embalse	Vegetada	Informada	Estimada
Santa María	834.2	145.9	0.0	300	271.8
La Concepción	463.0	75.0	0.0	100	121.8
Roque Tito	571.0	114.0	0.0	280	238.9
Miraflores I	1160.8	197.1	52.4	470	461.0
Miraflores II	1811.0	408.0	24.7	860	795.3
Pileco	7324.0	1534.0	906.0	1700	1330.7
La Colorada	1023.4	188.6	30.1	300	283.3

La Figura 3 presenta el comportamiento de las siguientes variables:

- variación de los niveles del agua en los embalses;
- precipitaciones registradas en el período de medición;
- caudales de bombeo en m³/hora/100

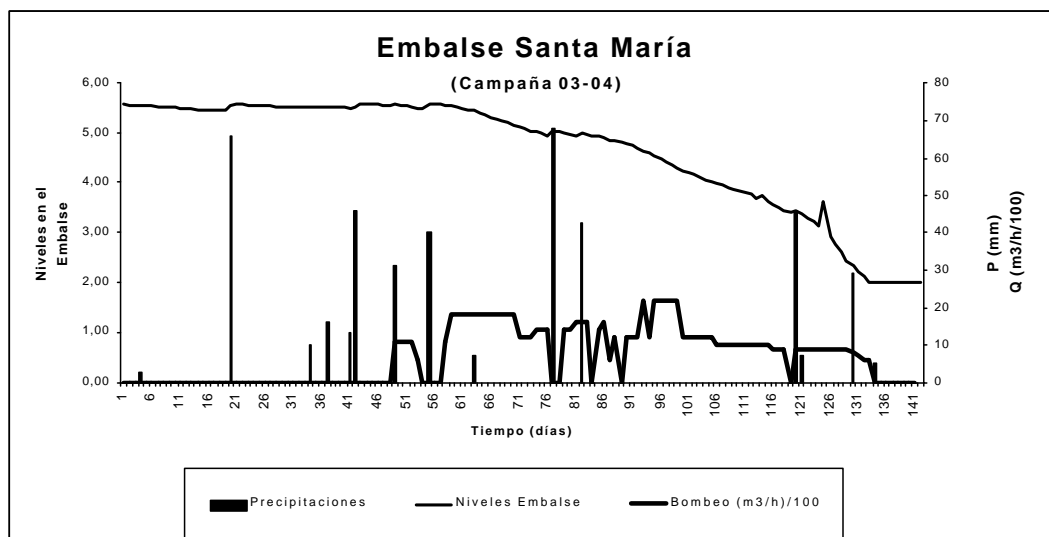


Figura 3. Niveles, caudales y precipitaciones en el embalse R. Santa María

La Figura 4 presenta la evolución de los niveles en el embalse hasta fines del mes de Junio, en el que se manifiesta las variaciones de los mismos durante el período de riego, y la recuperación posterior a partir de las lluvias registradas desde finales del bombeo.

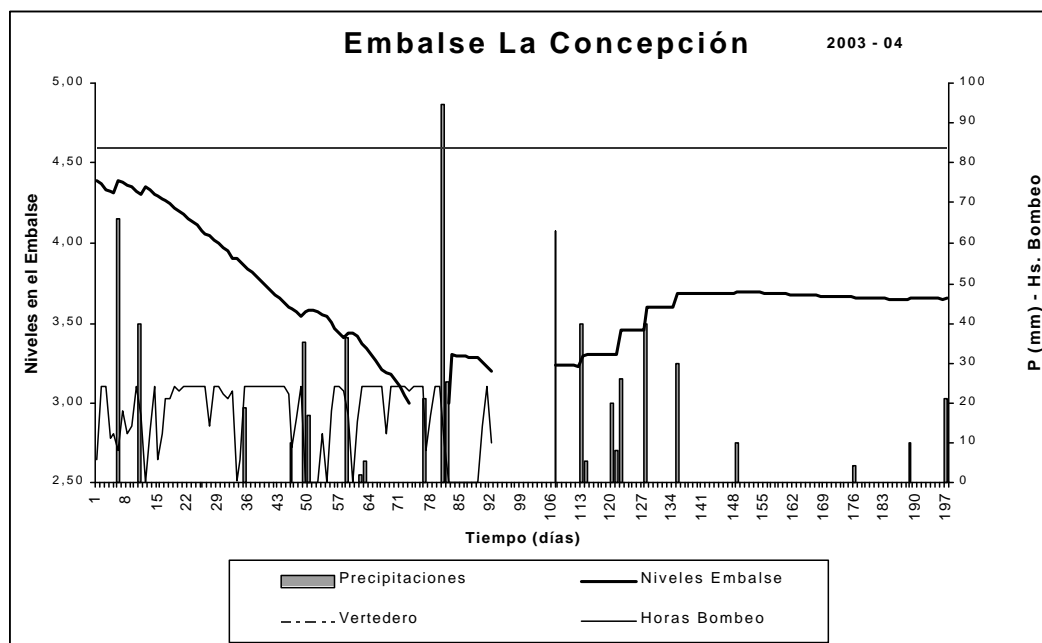


Figura 4. Niveles, horas de bombeo y precipitaciones en embalse La Concepción

Por otra parte se continuaron las mediciones sistemáticas en los embalses, y se cuenta con registro continuo en La Concepción, Santa María y La Colorada. La recuperación de los niveles en los distintos embalses se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5. Evolución de los embalses

Embalse	Fecha					
	11/11/03	13/01/04	11/02/04	03/04/04	12/06/04	27/07/04
Santa María	5.20	4.28	3.55			0.495
La Concepción		4.02	3.45	3.24	3.635	3.600
Roque Tito						3.355
Miraflores I	5.86	4.57	3.90	S/E	S/E	S/E
Miraflores II		5.20	4.95			0.075
Pileco			4.41	S/E	S/E	4.175
La Colorada			2.55	0.22	0.725	0.670

Nota: S/E sin escala

Análisis de los registros históricos de Santa María

La represa de Santa María posee una superficie embalsada de 146 ha con una cuenca de aporte de 834 ha, totalizando un volumen embalsado de 2,53 Hm³. La misma se encuentra ubicada en las nacientes del A° Quebracho que es afluente del A° Feliciano. La obra fue construida en 1993 y desde la campaña 1996/97 ha sido monitoreada. En el año 2003, se instaló una nueva escala hidrométrica como parte de este proyecto que es la actual referencia utilizada. En la campaña actual se instaló un registrador continuo de niveles mediante un registrador acoplado a un mecanismo de relojería, figura 5.



Figura 5. Limnógrafo Rincón Santa María

Se contó con la información registrada por uno de los autores del presente trabajo en el Establecimiento Santa María. La Tabla presenta una síntesis de los resultados más importantes registrados en dicho embalse: superficie irrigada, precipitaciones en el período de riego, litros de gas oil consumidos, variaciones de niveles hidrométricos y consumo específico de combustible por hectárea irrigada, Tabla 6.

Tabla 6. Datos de campañas en Estancia Santa María

Campaña	Superficie Irrigada (ha)	Ppt del Período (mm)	Tiempo de bombeo (hs)	Consumo Comb. (lt)	Variación del Embalse (m)	Consumo Espec. (lt/ha)
96/97	275	447	2108	11500	3.40-0.24	41,82
97/98	300	1277	1028	6800	2.50-4.01	<u>22,67</u>
98/99	300	445	2535	9390	3.80-1.35	31,30
99/00	300	346	2736	15770	3.67-0.43	52,57
00/01	285	514	2216	13800	4.55-3.51	48,42
01/02	281	445	2456	18600	4.44-2.86	<u>66,19</u>
02/03	300	904		Eléctrico	6.36-5.44*	Eléctrico
03/04	300	430.		Eléctrico	5.57-1.98*	Eléctrico

* Valores correspondientes a nueva escala hidrométrica.

Análisis Químicos de muestras de embalse

La Tabla 7 presenta la síntesis preliminar de los datos analíticos de las determinaciones físico – químicas a las muestras de agua de los siete embalses monitoreados en la campaña 2003-04. En los mismos se realizaron dos muestreos en época de riego (Enero y Febrero) y uno en Julio para evaluar la recuperación durante el período de lluvias y los correspondientes a las mediciones de la campaña 2002/03. Se han seleccionado las variables más representativas relacionadas al riego.

Tabla 7. Síntesis de los análisis físico-químicos

Parámetro	Unidad	Campaña 2002/03			Campaña 2003/04		
		Mínimo	Medio	Máximo	Mínimo	Medio	Máximo
C. Eléctrica	µS/cm	56	76	86	70	120	270
Sodio	mg/litro	6.18	14.9	19.0	8.7	15.3	33.8
RAS	meq/litro^{1/2}	0.52	1.07	1.63	0.50	1.85	5.95
pH		5.2	5.76	6.08	5.81	6.65	7.26

La conductividad eléctrica media aumenta un 58 %, el RAS medio de todas las muestras de los siete embalses y tres estados un 73 %.

CONCLUSIONES

Las condiciones especiales de pluviometría del período 2003/04 para el cultivo del arroz, han sido muy bajas.

Después de tres campañas de mediciones realizadas es posible estimar que la máxima superficie posible de irrigar a partir de represas de almacenamiento es inferior a la diseñada por los proyectistas de las mismas (que estimaron una Ha de embalse para regar aproximadamente 2 hectáreas de arroz).

Fueron confirmadas las conclusiones de las simulaciones matemáticas realizadas en el embalse Miraflores I para una serie de 12 años, Brumatti (2002) y Brumatti et al (2003), en las cuales se indican que en condiciones naturales el embalse no alcanza a reponer las extracciones bajo riego y en años secos la superficie potencial a ser irrigada es menor al considerado en el proyecto para condiciones medias. Deberá por ello tenerse en cuenta los niveles en los embalses, la curva altura volumen (de manera determinar el volumen neto almacenado hasta la cota de succión del sistema de bombeo), la predicción climática y en función de ello determinar la superficie a regar en cada campaña.

Se dispone de información respecto a la calidad del agua superficial con destino a riego de las campañas 2001-02, 2002-03 y de la registrada en el período 2003-04. No se observan variaciones en los parámetros de conductividad eléctrica y RAS para las condiciones de embalses “llenos” y se presentan cambios de la salinidad y RAS en embalses “vacíos”, como los medidos a lo largo de esta última campaña.

En la campaña actual se han medido una mayor cantidad de parámetros físico – químicos (aniones y cationes), destacándose valores por encima de los normales de: Fósforo (P), Hierro Total (Fe) y Amonio (NO₄).

El aumento de la concentración de fósforo sería producto de la retención que generaría la presa ante los vertidos de fertilizantes de las arrocetas ubicadas en las cuencas de aporte de los embalses. El Amonio indicaría descomposición de la materia orgánica presente.

Debería profundizarse las investigaciones en este sentido, de manera de evaluar el ciclo de los fertilizantes aplicados en las arroceras con la evolución del estado del embalse.

La recuperación de niveles de los embalses en el período posterior al riego hasta fines del primer semestre no ha sido significativa, debido a que las precipitaciones han sido por debajo de la media.

BIBLIOGRAFIA

- Ayers R.S. y D.W. Westcot** (1987). *La calidad del agua en la agricultura*. Estudio FAO: Riego y drenaje. 85 p.
- Brumatti, C. (2002)**. “*Caracterización hidrológica e hidráulica de una presa de retención con destino a riego en la Provincia de Entre Ríos*”. Trabajo Final de Graduación. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNER. 42 páginas y Anexos.
- Brumatti, C.; Duarte, O. y Lenzi, L. (2003)**. “*Evaluación Hidrológica de una presa para riego de arroz en Entre Ríos*”. Tercera Reunión de Comunicaciones Científicas y Técnicas y I Reunión de Extensión. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNER. Oro Verde. 13 de Junio de 2003. Resumen en página 28.
- Carñel G., Díaz E., Duarte O., Wilson M. y L. Lenzi** (2002). “*Identificación y cuantificación de las presas para riego en la provincia*”. San Juan, Argentina. 8 p.
- Chow V. T., Maidment D., Mays L.** *Hidrología Aplicada*. Ed. Mc. Graw Hill.
- Custodio E., Llamas M. R.** (1984). *Hidrología Subterránea*. Ed. Omega, Barcelona. España.
- Lenzi, L., Duarte O., Díaz, E., Wilson, M. y Brumatti, C.** (2002). “*Primeras determinaciones del Balance Hídrico en un embalse de Retención con destino a Riego en la Provincia de Entre Ríos -Campaña 2001-2002*”. ProArroz- Resultados Experimentales 2001-2002. Vol XI. pp 71-79.
- Lenzi, L.; Duarte, O. ; Dacunda, P.; Reggiardo, E., De Meda, C. y Eclecia, P.** (2003). “*Disponibilidad de agua superficial con destino a riego, mediante el uso de embalses de retención– almacenamiento en Entre Ríos*” Proarroz- Resultados Experimentales 2002-2003. Vol XII. In separata.
- Wilson, M.; Valenti, R.; Cerana, J.; Díaz, E.; Reggiardo, E.; Barral, G.; Dacunda, J.; Chajud, A. Y Befani, M.** (2002,a). “*Calidad del agua de riego de origen superficial y su relación con la condición de suelos arroceros*”. ProArroz- Resultados Experimentales 2001-2002. Vol XI. pp 51-61.
- Wilson M., Cerana J., Valenti R., Díaz E., Duarte O., De Batista J.J., Rivarola S. y R. Benavidez** (2002bb). “*Evaluación de la calidad del agua para riego en el área de Entre Ríos*”. Revista del CURIHAM. Vol VIII. Número 1. Septiembre de 2002. pp 31-39.