

14° CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO CLACS-99
8-12 de noviembre de 1999. PUCON. CHILE

OPTIMIZACION DEL USO DEL AGUA EN RIEGO DE ARROZ COMBINANDO FUENTES (PERFORACION Y EMBALSE) MEDIANTE EMPLEO DE UN MODELO MATEMATICO DE SIMULACIÓN

BENAVIDEZ, René; CERANA, J.; DUARTE, Oscar y DIAZ, Eduardo

Facultad de Ciencias Agropecuarias - Universidad Nacional de Entre Ríos

Casilla de Correo 24, (3100) Paraná, Entre Ríos, Argentina, Fax:(54-343-4975029)

rbenavi@fca.uner.edu.ar, jcerana@fca.uner.edu.ar, oduarte@fca.uner.edu.ar, ediaz@fca.uner.edu.ar

RESUMEN

Se presentan los resultados de la aplicación de un modelo matemático de simulación del funcionamiento de un sistema embalse-perforación que abastece a un establecimiento arrocero bajo riego en la Provincia de Entre Ríos, de la República Argentina.

El crecimiento y expansión de la frontera agrícola del cultivo de arroz en esta Provincia, se ve limitada a las zonas donde se presentan acuíferos de elevados rendimientos. Asimismo, el costo del combustible utilizado para el bombeo desde perforaciones profundas se ha incrementado en los últimos años, alcanzando a 500 US\$/ha. Surge por ello la alternativa de utilizar aguas superficiales interceptadas por obras de embalse, represas, construidas económicamente a partir de materiales sueltos y con maquinarias de propiedad del productor.

El presente trabajo muestra la simulación matemática realizada a lo largo de 14 años con registros de precipitaciones diarias, de manera de cuantificar el ahorro de combustible a partir del riego desde represas. Asimismo evalúa la superficie máxima a abastecer a partir de los volúmenes embalsados, la superficie de la cuenca y los requerimientos del cultivo de arroz.

Se concluye que la alternativa combinada de embalse-perforación alcanza los mayores resultados económicos, debido a que permite duplicar la superficie irrigada, con una pequeña inversión adicional, y optimiza el uso de los recursos hídricos superficiales.

Finalmente se evalúan los efectos aguas abajo originados por la construcción de las obras de referencia. Para el caso modelo utilizado, solo se retiene durante el período de riego en promedio el 15% de los escurrimientos superficiales durante el período de riego.

Palabras Claves: Riego de arroz, uso del agua, modelos de simulación, Vertisoles

ABSTRACT

The results of the application of a mathematic simulation model of a system reservoir-borehole that gives water for rice irrigation in the Entre Rios Province, Argentine is presented.

The increase of the rice agriculture frontier is limited by the high groundwater acuífer availability, also the increase of the energy utilized for power the pumps used in depth borehole. So the superficial water is an alternative to irrigate the new land crops, from small reservoir.

The paper presents the results of 14 year of continuous simulation from daily precipitation, to evaluate the energy saved in the use of small reservoir to irrigate rice. Also it evaluate the highest area possible to irrigate from the water retained related to the basin area and the rice consuntive water use.

Its conclude that the combined use of reservoir and borehole produce the better economic results, because allows to irrigated a double area, with a adicional costs, and optimize the use of surface water.

Finally, the effects downstream are evaluated. For this case the rice irrigated only requires the 15% of the water intercepted by the reservoir during the irrigation period.

Key words: Rice irrigation, water use, simulation model. Vertisoles

14° CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO CLACS-99
8-12 de noviembre de 1999. PUCON. CHILE

OPTIMIZACION DEL USO DEL AGUA EN RIEGO DE ARROZ COMBINANDO FUENTES (PERFORACION Y EMBALSE) MEDIANTE EMPLEO DE UN MODELO MATEMATICO DE SIMULACIÓN

Rene BENAVIDEZ; CERANA, Jorge; DUARTE, Oscar y DIAZ, Eduardo

Facultad de Ciencias Agropecuarias - Universidad Nacional de Entre Ríos. Casilla de Correo 24,
(3100) Paraná, Entre Ríos, Argentina, Fax:(54-43-975029)
rbenavi@fca.uner.edu.ar, jcerana@fca.uner.edu.ar, oduarte@fca.uner.edu.ar, ediaz@fca.uner.edu.ar

1. INTRODUCCION

Los costos de la producción de arroz están fuertemente influenciados por el costo del riego, por lo que la rentabilidad del cultivo se ve incrementada cuando se utilizan fuentes de agua superficiales y se reducen las pérdidas en la conducción de agua.

La provincia de Entre Ríos es la principal productora de arroz en Argentina, representando en promedio el 50% de la producción nacional de arroz. Este cultivo alcanzó para la campaña 1996/97 el 58.6 % de la producción argentina con 717.000 Ton. (E.Luna,1998). Pereyra (1997) informa que el valor de la producción arrocería para la Provincia de Entre Ríos es de casi 100 millones de pesos, contribuyendo en la tercera parte del valor de la producción agrícola total de 318 millones, y situándose muy por encima del cultivo de maíz.

La Provincia de Entre Ríos utiliza como fuente principal de agua con destino a riego perforaciones, que explotan un acuífero a más de 90 metros de profundidad y con caudales desde 200 y hasta 500m³/hora, por perforación, Fili et al (1993).

El 89% de la superficie irrigada, 117.00 has, lo es a partir de 1950 perforaciones profundas habilitadas, mientras que el 11 % restante, 15.000 has, lo es a partir de 44 represas instaladas, Costa (1994). Existen asimismo otras 30 en construcción, que estarán operativas en los próximos dos años. El consumo de combustible es del orden de los 28.000 litros por perforación, lo que arroja un volumen de 54.600.000 de litros por campaña, equivalentes a 19.100.000 US\$/año.

El Proyecto "Eficiencia y Rentabilidad del Riego en cultivos seleccionados" ha medido las pérdidas de agua del riego superficial del cultivo en arroz, Benavidez y col (1997,a,b) y Marcogiuseppe y col. (1997) han trabajado sobre los costos de producción del cultivo. El alto costo desde punto del vista del riego, hace necesario evaluar las alternativas mediante series de años que representen la variabilidad climática, a los efectos de medir tanto los beneficios como del probable impacto sobre el acuífero.

2. OBJETIVOS

Con el presente trabajo se aborda el estudio de los beneficios del cultivo de arroz dentro de un sistema de riego a partir de agua superficial obtenida de pequeños embalses, y se compara con los sistemas tradicionales en base de agua subterránea utilizando un procedimiento de simulación plurianual mediante un Modelo Matemático de Transformación Lluvia-Caudal, Cálculo de Evapotranspiración de Cultivo, Necesidad de Riego y Manejo de Embalses.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DESCRIPCION DEL MODELO MATEMATICO UTILIZADO

El modelo simula con paso diario, y prioriza la utilización del agua del embalse, en caso de no existir agua en el mismo, enciende las perforaciones.

El modelo requiere para la simulación los siguientes datos (inputs):

Aspectos Hidrológicos: Superficie de la cuenca, Tiempo de concentración, Características de los suelos, valores de CN, Uso de la tierra. *Aspectos Hidráulicos:* Superficie del embalse, Curva altura-volumen, Curva altura-superficie, Caudal Máximo, Potencia y Consumo de la bomba del embalse, Caudal Máximo, Potencia y Consumo de la bomba de la perforación, Número de perforaciones, Opción de regar solo con perforaciones o combinando con el embalse, Nivel inicial en el embalse. *Aspectos agrohidrológicos:* Factores "k" de cultivo, Fecha de siembra, Longitud del ciclo, Fecha de riego de presembrado, Superficie sembrada, Máxima altura de agua en la arrocera y lámina en la taipa, Precipitación máxima que admite el sistema sin desbordar las taipas. *Aspectos Climáticos:* Precipitaciones diarias a lo largo del ciclo del cultivo, y medias mensuales de Temperaturas, Velocidades del Viento, Humedad Relativa y Heliofanías.

Para cada año simulado el modelo entrega los siguientes datos (outputs):

Volúmenes de agua utilizados por el cultivo con destino a uso consuntivo a partir de la precipitación, de la derivación del agua de riego y de los requerimientos de bombeo de la perforación. Horas de bombeo en el embalse y en la perforación. Litros de combustible utilizados en el embalse y en la perforación. Costo del bombeo total y por hectárea. Porcentaje retenido por el embalse. Situación mínima del embalse a lo largo del período.

3.2. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE RIEGO.

Se utilizó para la simulación la experiencia desarrollada por la Dirección de Hidráulica de la Provincia de Entre Ríos en la cuenca del Arroyo Villaguay Chico, O. Duarte y col.(1988) situada en el Centro de la Provincia, afluente del Río Gualaguay. Los suelos considerados son Vertisoles. La cuenca posee una superficie de 17.000 ha, y se encuentra implantada una represa de almacenamiento de excesos de precipitaciones de 620.000 m³ que ocupa una superficie de 21 has. La profundidad máxima es de 6 metros, y el cierre es de materiales sueltos, con un movimiento de aproximadamente 6.300 m³ de suelo de la zona.

Los datos climáticos utilizados en la simulación corresponden a la Estación Yuquerí dependiente del Servicio Meteorológico Nacional.

Se estimó un correcto dimensionamiento y manejo del riego que permite un gasto de agua razonable. Estos datos, así como las variables para la determinación de los costos fueron extraídos de Benavidez y col 1998 y Casarotto y col 1992.

4. RESULTADOS.

A los efectos del cálculo numérico se simuló un período de 14 años. Las Figuras N° 1 y 2 muestran, a manera de ejemplo, las salidas correspondientes al cultivo de la campaña 1987-88, representando la evolución de los caudales de bombeo desde el embalse y desde la perforación.

El Cuadro N° 1, presenta los resultados de la simulación, en los que se presentan los volúmenes aportados por la precipitación, el bombeo desde el embalse y de la perforación existente en el establecimiento, que se utiliza únicamente en el caso de que el mismo se encuentre vacío.

Cuadro N° 1. Resultados anuales de la simulación y costo comparativo

Año	Volúmenes Aportados [1000m ³]			Volúmenes Aportados [%]			Costo Bombeo [US\$/ha]		Volumen Retenido[%]
	Lluvia	Embalse	Perf.	Lluvia	Embalse	Perf.	Combinado	Pozo	
1	326	622	385	24.5	46.7	28.9	32.0	141.0	3.4
2	255	1053	66	18.6	76.6	4.8	25.4	155.0	23.7
3	229	959	209	16.4	68.6	15.0	43.5	154.4	15.7
4	323	1018	0	24.1	75.9	0.0	15.6	141.0	15.4
5	284	1092	17	20.4	78.4	1.2	19.2	156.0	14.1
6	398	859	68	30.0	64.8	5.1	22.7	128.6	4.7
7	360	768	187	27.4	58.4	14.2	38.1	131.0	2.3
8	274	862	260	19.6	61.7	18.6	49.8	158.0	9.1
9	262	879	198	19.6	65.6	14.8	41.4	150.0	17.6
10	408	988	16	28.9	70.0	1.1	17.5	135.5	10.2
11	297	1065	21	21.5	77.0	1.5	19.3	151.0	20.7
12	128	918	337	9.3	66.4	24.4	61.0	176.0	71.3
13	454	835	33	34.3	63.2	2.5	17.5	115.0	3.9
14	366	956	0	27.7	72.3	0.0	15.1	121.0	5.5
Media	312	920	128	23.0	67.6	9.4	29.9	143.8	15.5

Los valores económicos del sistema simulado determinan un ahorro de 114 US\$/ha/año, que a lo largo del período simulado, en las 120 has producen un ahorro en el combustible de 191.448 US\$. A ello deben sumarse los beneficios adicionales de regar con agua de mejor calidad, que la proveniente del acuífero (125 milimho/cm versus 800 milimho/cm) y los ambientales al reducirse la extracción desde el acuífero.

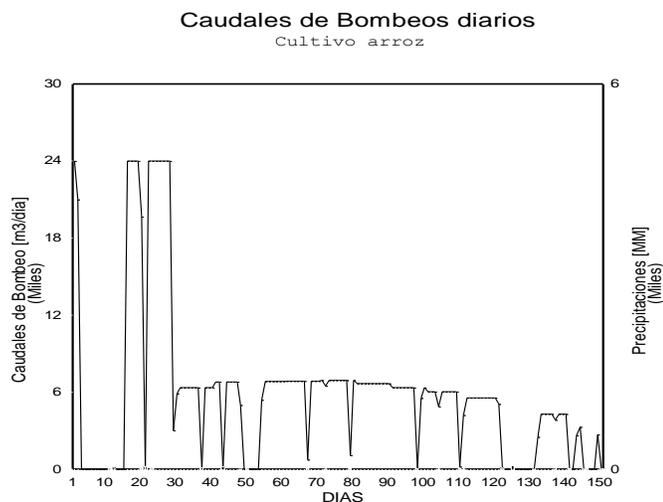


Figura N° 1. Evolución de los caudales de bombeo desde el embalse

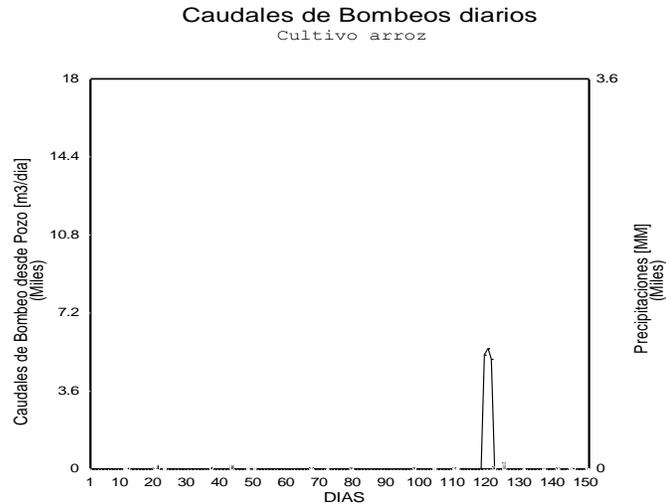


Figura N° 2. Evolución de los caudales de bombeo desde la perforación

Finalmente se presenta en el Cuadro N° 2, el costo del bombeo mediante el sistema combinado (embalse-perforación) y el equivalente de una perforación que explote el acuífero.

Cuadro N° 2 Análisis de costos de las alternativas. Superficie arrocerá 120 ha. Tasa 6%

Alternativa	Pozo	Combinada	Diferencia	%
Inversiones	50.000	37.500	12.500	-25
Costo operativo anual promedio 14 años	17.259	3.821	13.438	-78
Costo total actualizado	208.530	40.543	167.987	-81
Costo total anualizado	22.435	7.589	14.846	-66

5. CONCLUSIONES

El modelo de simulación propuesto permitió establecer diferentes escenarios de largo plazo, considerándose de gran utilidad para el diseño y evaluación de proyectos de riego.

La alternativa combinada de embalse-perforación alcanza los mayores resultados económicos, por una reducción significativa de los de los costos operativos del 78%, siendo menores las necesidades de inversión inicial así como de los costos operativos anuales en un 66%.

Este sistema de riego combinado, mediante algunas inversiones adicionales permite duplicar la superficie irrigada, y optimiza el uso de los recursos hídricos superficiales, contribuyendo a la sostenibilidad de la producción arrocerá.

En lo que respecta a los efectos aguas abajo originados por la construcción de las obras de referencia, para el caso modelo utilizado, solo se retiene durante el período de riego en promedio el 15% de los escurrimientos superficiales, por lo que permitiría planificar y construir sistemas de aprovechamientos escalonados.

6. AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto “Eficiencia y rentabilidad del Riego en Cultivos Seleccionados (arroz y citrus). Análisis de su probable expansión”, de la UNER. A la Universidad Nacional de Entre Ríos que apoyó económicamente el Proyecto.

7. BIBLIOGRAFIA

- R. Benavidez; Díaz, E.; Duarte, O. y Valenti, R. (1997,a). Evaluaciones de Eficiencias y análisis de costos de riego a partir de agua subterránea en un cultivar de arroz. Provincia de Entre Ríos. Argentina. III Congreso Internacional sobre Ingeniería Hidráulica. Holguín. Cuba. Abril de 1997.
- R. Benavidez; Díaz, E.; Duarte, O. y Lenzi, L. (1997,b) Aplicación de Técnicas radiactivas en la evaluación de la Eficiencia del Riego de Arroz. I International Symposium on Nuclear and Related Techniques in Agriculture. Havana. Cuba. 28 al 30 de Octubre de 1997.
- R. Benavidez; Cerana J.; Rivarola, S. y Savio C. (1998). La rentabilidad de la producción de arroz bajo riego en un sistema mixto agrícola-ganadero. Actas Congreso Latinoamericano de Ingeniería Rural. La Plata.
- J. Casarotto, C. Saigo y J. Font. (1992). Almacenamiento y capitación de aguas superficiales para el riego complementario en la región mesopotámica. Agua y Energía Eléctrica. Gerencia proyectos Litoral. Inédito.
- G. Costa; Duarte, O. y Díaz, E. (1994) Riego con fuente superficial a partir de pequeñas presas de retención. Una propuesta de normalización de los estudios, diseño y proyecto. XIII Congreso Nacional del Agua. La Plata.
- O. Duarte y González C. (1988) Experiencia piloto de presa de embalse arroyo Villaguay Chico. Dir. Prov de Hidráulica de Entre Ríos. 87 pag, 10 planos, 2 figuras. Inédito.
- M. Fili y Tujchneider, O. (1993). Investigaciones Geohidrológicas en la Provincia de Entre Ríos. Temas Actuales de la Hidrología Subterránea. Universidad Nacional de Mar del Plata-CFI.
- Convenio CFI-Provincia de Entre Ríos (1980) C. González, H. Tabares. J. Bracony. Proyecto Captación de Aguas Superficiales. Dirección Suelos y Aguas Provincia de Entre Ríos.
- García A. (1997). "El sector arrocero en la provincia de Entre Ríos". En: "Análisis y Perspectivas de la comercialización de arroz". Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación.
- E. Luna. (1998) Estadísticas agropecuarias provinciales, cultivo Arroz. Dir. Gral de Desarrollo Agrícola y Recursos Naturales, Entre Ríos.
- Marcogiuseppe, L. y Muller, H. (1997). Costo de la producción de arroz de la Provincia de Entre Ríos. PROARROZ. Vol. 4. N° 5-8.
- C. Pereyra- (1997). Valor de la producción agropecuaria de la provincia de Entre Ríos. Area de Economía y Planificación, Dir. Gral de Desarrollo Agrícola y Recursos Naturales, Entre Ríos.