

VII. MANEJO DEL AGUA

Claudio García¹

VII. 1 IMPORTANCIA DEL MANEJO DEL AGUA

Los sistemas de riego para los cultivos agrícolas, deben ser adecuadamente bien diseñados, instalados y manejados con el objetivo de obtener altas eficiencias. Altas eficiencias de aplicación de agua, de láminas adecuadas al tipo de suelo y al estadio fenológico del cultivo, y a las características del sistema de producción, y estas eficiencias tendrían que dar como resultado final altos rendimientos de manera de hacer rentable la utilización del riego.

El total de riego tanto en volumen como en número de riegos varía de año en año por la variabilidad de las precipitaciones y por consiguiente en regiones de clima húmedo, como el Uruguay, se precisa menos riego que en climas secos. Por esta razón es más difícil la toma de decisión en cuanto al momento de comienzo del riego y cuánto regar.

La deficiencia de agua es en la mayoría de los años, el factor más limitante para la obtención de altos rendimientos. En cultivos con alta respuesta al riego, como la cebolla, la clave para potencializar los rendimientos es un adecuado manejo del mismo, cuando los otros factores de producción (densidad de plantas, fertilización, etc.) ya fueron ajustados. Para esto es indispensable tener un conocimiento previo de parámetros de suelo, del clima y de la planta y de sus interrelaciones, de manera de saber cuánta agua aplicar en cada momento del ciclo del cultivo.

De acuerdo a las investigaciones de INIA Las Brujas, la tensión de agua en el suelo a 20 cm de profundidad no debería superar los -0,25 bar durante todo el ciclo del cultivo. Estos ensayos fueron realizados para cebolla dulce (día corto), pero de acuerdo a los ensayos realizados por la Facultad de Agronomía y por la Dirección de Uso y Manejo del Agua (MGAP), el comportamiento de la cebolla de día medio y día largo es similar, tratando de evitar cualquier tipo de estrés hídrico. Investigaciones realizadas en INIA Las Brujas para conocer el efecto del riego según el momento fisiológico, los resultados de 4 años de ensayos no mostraron diferencias significativas para la variable producción de cebolla en el tratamiento que se aplicó riego hasta la bulbificación y cuando se regó desde la bulbificación hasta cosecha. Existió sí, una respuesta significativa de la producción total y comercial de cebolla al agregado de agua durante todo el ciclo. Los momentos fisiológicos manejados en estos ensayos fueron, aplicar riego hasta la bulbificación y luego no se aplicaba más agua y el otro tratamiento se dejó sin riego hasta la bulbificación y luego se aplicaba riego hasta la cosecha.

¹ Ing. Agr. M.Sc. Sección Suelos, Riego y Agroclimatología, INIA Las Brujas

En el caso de cebolla de día largo, los ensayos realizados por la Dirección de Uso y Manejo del Agua (DUMA) a fines de la década de los '70 se hicieron comparando riego todo el ciclo, riego hasta la bulbificación y un testigo en secano. De los resultados obtenidos aparece el riego como elemento imprescindible, según los autores, para obtener rendimientos altos y estables a través de los años. Los autores recomiendan, como conclusión de este estudio, el uso de láminas de agua no mayor a 25 mm en cada aplicación y de ser posible acompañando la demanda del cultivo a lo largo del ciclo de crecimiento.

Más recientemente la Facultad de Agronomía (Galván, G. *et al.*, 2004) en el año 2002 y 2003 realizó ensayos de riego en cebolla Pantanoso del Sauce en donde se probaron 2 láminas de reposición de agua de acuerdo a la evapotranspiración máxima del cultivo más un testigo en secano. Los tratamientos de riego se basaron en reponer el 50 % y el 100% de la evapotranspiración máxima del cultivo toda vez que era consumida el 30% del agua disponible en los primeros 20 cm del perfil de suelo. De las conclusiones más importantes de ese trabajo se resalta el aumento de los rendimientos total y comercial de 8 t/ha en promedio frente al tratamiento en secano. Entre los tratamientos bajo riego no se observaron diferencias significativas. Para este tipo de cebolla en el año 2002 se necesitó en promedio de todos los tratamientos un total de 16 riegos para aplicar una lámina de 250 mm. El año 2003 fue un poco más seco lo que requirió un total de 315 mm de agua vía riego. Si bien hay variabilidad entre años en la cantidad de agua a aplicar por el riego, estos datos orientan en saber cuánto puede llegar a consumir un cultivo con la posibilidad de obtener altos rendimientos.

En el presente capítulo se expondrán distintas alternativas de manejo del riego para diferentes situaciones de producción y se presentarán resultados de investigaciones de cebolla obtenidos en Uruguay bajo diferentes manejos de láminas de riego.

VII. 2 NECESIDADES DE AGUA DEL CULTIVO

Para un manejo racional del agua en el cultivo de cebolla se deberían tener en cuenta aspectos del suelo, del estado fenológico del cultivo, del clima y del método de riego a ser utilizado.

En relación al suelo se debe considerar el agua disponible en la zona de mayor crecimiento radicular. A partir de este dato se puede manejar con mayor precisión la lámina máxima de riego a aplicar para evitar excesos que lleven a ocasionar problemas de erosión y de drenaje, incurriendo en un gasto inútil de agua y energía; o por el contrario aplicando láminas insuficientes que no cubrirían las necesidades de evapotranspiración del cultivo, con lo cual se perdería la posibilidad de expresar su potencial productivo debido a esta limitante.

El laboratorio de física de suelos de INIA Las Brujas brinda servicio para determinar el agua disponible en cada sitio y para las diferentes profundidades del suelo, de manera de mejorar la eficiencia en el uso del agua aplicada en cada situación.

A modo orientativo de los cálculos primarios, se presenta en el Cuadro 1 la capacidad de retención de agua para diferentes suelos dominantes del sur del país. (Extraído de la Serie de Actividades de Difusión N° 26 de INIA).

Cuadro 1. Capacidad de retención de agua para algunos suelos dominantes en el sur del país.

Unidad	Suelo	Horizonte	Profundidad (cm)	Capacidad de retención de agua (mm)
Ecilda Paullier-Las Brujas	Brunosol Eútrico Subéutrico Típico (Lúvico)F/L	A	15-25	22-37
		Bt	50	92
Tala Rodríguez	Brunosol Eútrico Típico (Lúvico) Ac	A	12-25	24-50
San Jacinto	Brunosol Eútrico Típico (Lúvico) L	A	12-25	143-166
		B	60-70	22-45
Isla Mala	Brunosol Eútrico Típico (Vértico) F	A	20-40	141-172
		B	60-70	33-67
José P. Varela	Brunosol Subéutrico (Lúvico)F Argisol Subéutrico Melánico Abrúptico F	A	20-35	73-182
		Bt	30-70	26-46
Kiyú	Brunosol Subéutrico Típico L	A	20-25	30-37
		Bt	50	50-118
Libertad	Brunosol Eútrico Subéutrico Típico (Lúvico) L	A	15-25	28-46
		Bt	50	121

Fuente: C.J. Fernández; G. Sacco; W. Corsi. 2da. Reunión Técnica de la Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Nov. 1979.

Otro aspecto importante a considerar es el estado fenológico del cultivo. Esto fundamentalmente se debe a dos motivos; por un lado para estimar el diferente consumo de agua en cada etapa fisiológica y por otro para tener en cuenta la profundidad de suelo en la cual se encuentra la mayor concentración de raíces. En el caso de suelos medios y pesados y en base a la experiencia de los ensayos de INIA, la mayor concentración de raíces se da en la camada superficial de 25 a 30 cm.

En el caso de estimar las necesidades del cultivo en las diferentes etapas de desarrollo es importante definir las etapas del cultivo y tomar en cuenta que

a medida que adquiere más desarrollo el consumo de agua aumenta. Esquemáticamente podríamos definir 4 etapas en el desarrollo del cultivo de cebolla:

- 1- desde siembra hasta transplante. En esta etapa es muy importante mantener una buena humedad en los primeros 10 a 15 cm del suelo para asegurar una buena emergencia del cultivo y posterior crecimiento de los plantines,
- 2- período de crecimiento vegetativo. La duración de este estadio varía según los cultivares. El consumo diario varía de 2 a 3 mm dependiendo de las condiciones climáticas imperantes,
- 3- período de formación de bulbo. Esta etapa es crítica en cuanto al abastecimiento de agua. En general coincide con el máximo consumo de las plantas y tiene una relación directa con la disminución de los rendimientos. Las necesidades de consumo de agua promedio en esta etapa varía entre 4,5 a 5 mm por día,
- 4- este es el último período que abarca aproximadamente 15 días. La recomendación general es cortar los riegos para permitir un cierre de cuello adecuado y obtener buena conservación poscosecha.

VII. 3 TÉCNICAS DE RIEGO

Los sistemas de riego deberían ser manejados de manera de reponer el agua del suelo hasta determinado límite superior de agua en el perfil. De esta manera se evitarán pérdidas de entrada de agua en el caso de ocurrencias de lluvias en el período entre dos riegos y/o escurrimientos de agua superficial por ser suelos en su mayoría con baja infiltración de agua.

La determinación del límite superior de agua en el suelo hasta el cual se debería reponer el agua vía riego, se investiga en INIA Las Brujas desde hace varios años y en una serie de cultivos, entre ellos la cebolla. Este dato es de suma importancia porque está estrechamente ligado con la lámina máxima a aplicar en cada riego, por encima de ese valor estamos provocando excesos en la cantidad de agua que damos al cultivo provocando entre otros problemas, escurrimiento superficial.

A continuación se presentan los distintos sistemas de riego que han sido utilizados en Uruguay para regar cebolla de día largo, medio y corto por la Dirección de Uso y Manejo del Agua (MGAP), Facultad de Agronomía y el INIA, respectivamente.

Independientemente del sistema de riego utilizado, lo más importante es que la cantidad de agua a aplicar (lámina de riego) sea la correcta y tenga relación con los parámetros de planta y del suelo. No existe un sistema mejor que otro desde el punto de vista hidráulico o agronómico siempre que haya sido bien diseñado para esa situación en particular.

VII. 3. 1 Riego por superficie

En general los sistemas de riego por superficie se basan en la reposición de láminas de riego en función del umbral de agua disponible en el perfil del suelo. Este umbral generalmente está asociado con la mínima cantidad de agua disponible en el perfil al cual la producción no es afectada por estrés hídrico. Para la mayoría de los cultivos se acepta 50% como el umbral de agua en el perfil del suelo al cual habría que reponer agua. Estos sistemas reponen el agua hasta el 100% de agua disponible del suelo, debido a que resulta difícil controlar láminas menores a 20 o 25 mm. Para estos casos en particular y para todos los sistemas en general se debe conocer cuánta agua se está aplicando, por dos motivos fundamentales, que son los excesos o los déficits de agua, lo cual hace que resulte en un sobre riego o en un sub riego, respectivamente. Estos errores en sucesivos riegos pueden resultar en menores rendimientos a los esperados.

Los ensayos de cebolla de la Dirección de Uso y Manejo del Agua (DUMA) a fines de la década de los '70 se hicieron con sistemas de riego por superficie con excelentes resultados, tanto del punto de vista de la producción como de aplicación del agua en las parcelas. En el cuadro 2 se resume la información de los resultados de producción de cebolla de ciclo largo para los tres años de evaluación bajo riego.

Cuadro 2. Rendimiento promedio de cebolla de ciclo largo obtenido en 3 ensayos realizados por la DUMA, MGAP.

	Rendimiento de cebolla de ciclo largo (t/ha)		
	1975/76	1976/77	1978/79
Riego todo el ciclo del cultivo	66	36	37
Riego hasta la bulbificación	-	39	45
Secano	6	36	38

VII. 3. 2 Riego por aspersión

El riego por aspersión posiblemente sea el sistema más utilizado en nuestro país por los productores de cebolla. En general son líneas móviles con aspersores que pueden ir rotando dentro de los cuadros en la medida de las necesidades del cultivo. Lo que se ha constatado a nivel de campo son básicamente dos inconvenientes; en primer lugar estos equipos operan con lámina de riego más alta que la tasa de infiltración de la mayoría de los suelos donde se planta cebolla, el segundo inconveniente es que se quiere regar un área mayor de aquella para la cual el equipo fue diseñado. Este mal manejo tiene consecuencias en la sanidad del cultivo ya que la hoja de la cebolla está más tiempo mojada y las condiciones del suelo no son las adecuadas para entrar a curar en tiempo y forma.

Para sistemas de líneas de aspersores fijos el manejo se simplifica, desde que se puedan aplicar láminas menores acordes con la evapotranspiración del cultivo y la tasa de infiltración del suelo.

VII. 3. 3 Riego por goteo

El riego por goteo aparece como el sistema más simple de manejar, sin embargo para que este sistema resulte en un beneficio desde el punto de vista agronómico y económico se deben ajustar una serie de factores que integran la función de producción. Dentro de estos factores se sugiere el ajuste de la población de plantas y fertilización adecuada, temas tratados en capítulos anteriores.

La lámina de riego en situaciones donde se aplica el agua por goteo, la recomendación general es suministrar agua a la planta según la curva de crecimiento del cultivo. Con este manejo se estaría logrando una máxima eficiencia en la aplicación, debido a que se entrega el agua en la medida que la aprovecha el cultivo para su desarrollo.

En la Figura 1 se presentan un resumen de los resultados de producción total de cebolla entre 1996 a 1999 relacionados a este respecto.

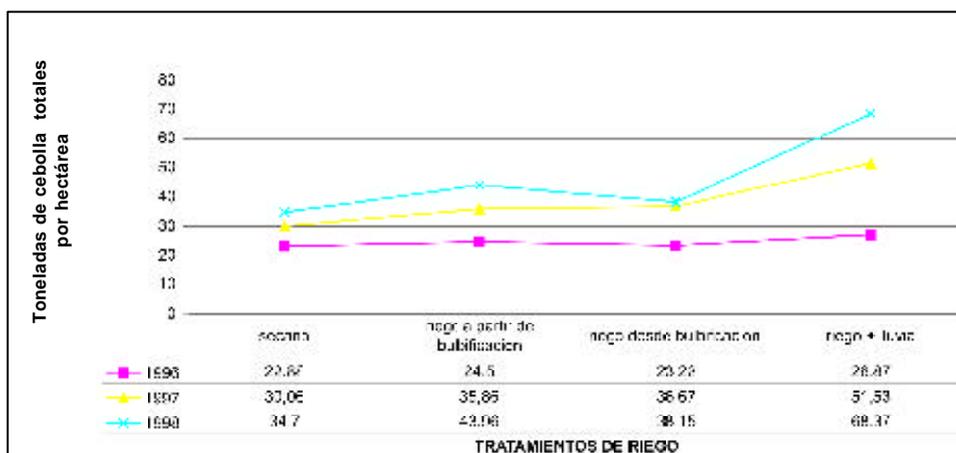


Figura 1. Rendimiento total de cebolla de día corto bajo riego en los 3 años de investigación 1996-1998. INIA Las Brujas.

En las investigaciones realizadas en INIA Las Brujas en cebolla Granex 33 durante 1996, 1997 y 1998, la aplicación de agua durante todo el ciclo acompañando la demanda del cultivo, resultó en rendimientos significativamente superiores en 2 de los 3 años en un 70 % y 55 % en relación a los otros tratamientos en seco (utilizando carpas de nylon para evitar la entrada de agua al cultivo), para 1997 y 1998 respectivamente (Figura 2). La cantidad de agua aplicada en cada año varió de acuerdo a las condiciones climáticas y a la fecha de transplante del cultivo. A efectos ilustrativos de visualizar la respuesta que tiene la cebolla al agregado de agua, en la Figura 3 se presenta la relación entre esos dos parámetros.

Figura 2. Carpas de polietileno para evitar la entrada de agua a las parcelas.

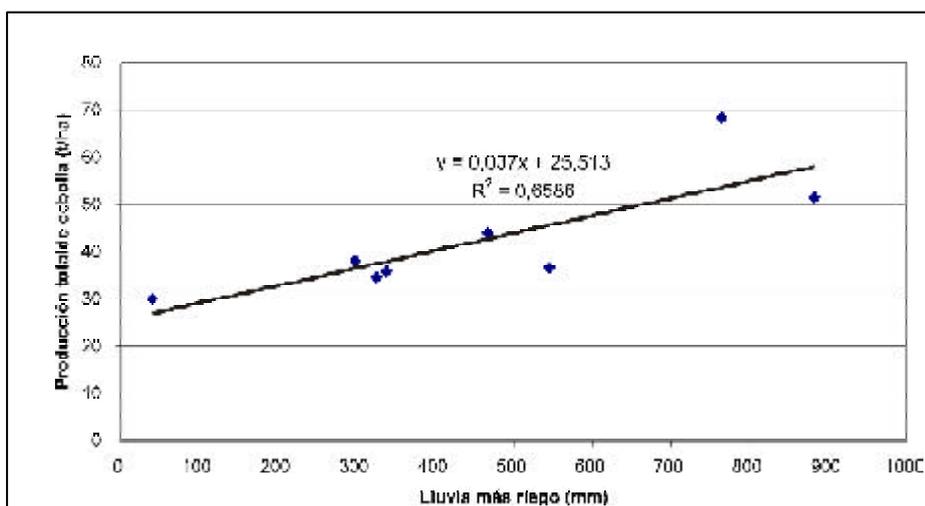


Figura 3. Relación entre el agregado de agua y la producción total de cebolla Granex 33 en 1997 y 1998. INIA Las Brujas.

VII. 4 MANEJO DEL RIEGO

Existen diversas técnicas y tecnologías disponibles para determinar el momento de riego y la cantidad de agua a ser aplicada. El optar por un criterio determinado para el control del riego es una función que depende de varios factores, como la cantidad de agua con que cuenta el productor, la experiencia del regante y el sistema de riego utilizado.

La programación del riego basada en programas computacionales pueden estimar cuándo y cuánto regar dependiendo de la información suministrada y de la complejidad del programa en si mismo. Estos programas toman en cuenta las interrelaciones suelo-planta-atmósfera, lo cual los hacen más confiable en sus recomendaciones. Este tipo de programación basado en la informática es ampliamente usado en otros países y en distintos cultivos con aceptación general entre los productores y técnicos (Kleinkopf, 1983; Sing *et al.*, 1993).

VII. 5 BALANCE HÍDRICO

Este método supone la utilización de datos meteorológicos para calcular el consumo de agua de las plantas y mantener un umbral determinado de humedecimiento del suelo. Fue desarrollado por Jensen (1969) y luego siguieron otros hasta el presente. Esta técnica tiene mucha importancia en aquellos lugares donde los datos agroclimáticos no son en tiempo real. El INIA Las Brujas a comienzo de los años 90 desarrolló el software "Las Brujas" de distribución gratuita para apoyo a los productores regantes. Dicho software toma el dato de evaporación del Tanque "A" semanal, calcula la evapotranspiración del cultivo según la fórmula de Penman-Monteith y arroja como resultado parcial el consumo de agua del cultivo seleccionado de acuerdo a la evaporación semanal, la precipitación semanal y la capacidad de almacenamiento de agua del suelo. Finalmente realiza un balance de lo que queda de agua disponible para la planta en el suelo y alerta al usuario si hay o no que reponer agua. Este método está a disposición de técnicos y productores desde 1994 y sirve para aquellos regantes que dan un riego semanal o riegos más espaciados, o en aquellos lugares donde además no existen datos agroclimáticos en forma automática.

Con la adquisición de estaciones meteorológicas automáticas comenzaron a desarrollarse modelos computacionales más sofisticados donde se tiene el consumo de agua en tiempo real. Tema que se tratará más adelante en este mismo capítulo.

VII. 6 MEDICIÓN DEL AGUA EN EL SUELO

Las medidas de suelo pueden ser directas o indirectas. El INIA ha difundido ampliamente el uso de tensiómetros con fines de riego a nivel predial. Este instrumento bien calibrado y con mínimo mantenimiento es muy preciso para el control del riego en el cultivo de cebolla para todo tipo de suelo, independientemente de su textura y profundidad. Los ensayos de cebolla desde sus comienzos en el INIA fueron manejados con estos instrumentos a distintas profundidades, obteniéndose muy buenos resultados con los tensiómetros colocados entre 20 y 30 centímetros (cm) de profundidad de suelo.

En la Figura 4 se presenta la evolución de la tensión de agua en el suelo medida con tensiómetros en el cultivo de cebolla de día corto cultivar Granex 33.

Este ensayo fue realizado en 1998 y para esto se colocaron las medidas de dos tensiómetros ubicados en tratamientos bien contrastantes tratamiento 1 riego más lluvia y el tratamiento 4, el cual solo recibió agua de lluvia.

Cuanto más alto es el valor de tensión, más seco está el suelo. Se puede observar que para finales de agosto el valor de la tensión de agua en el suelo fue 0 (cero), en ambos tratamientos. Esto fue por causa de lluvias ocurridas en esos días, que hicieron bajar la tensión (valores menos negativo), pero

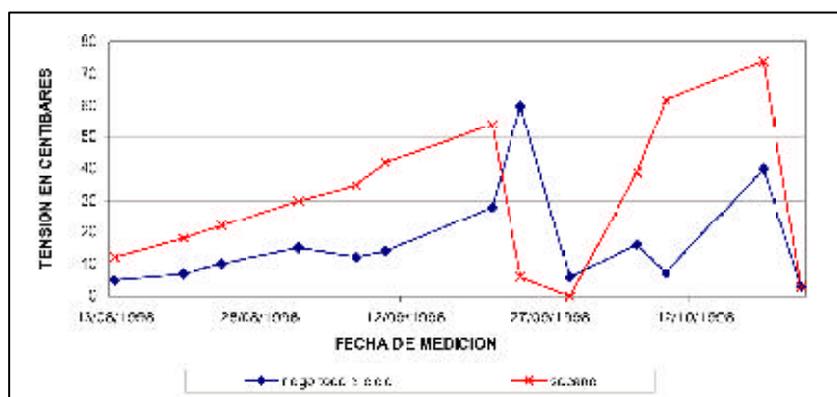


Figura 4. Evolución de la tensión de agua en el suelo a 30 cm de profundidad. Cebolla de día corto INIA Las Brujas 1998.

obsérvese que la lectura del tensiómetro del tratamiento 1 subió rápidamente a valores de estrés hídrico para la planta, mientras el tratamiento 4 continuó con riego. Esto hizo que el umbral de agua en el suelo se mantuviera dentro del rango óptimo para la obtención de altos rendimientos.

VII. 7 PROGRAMACIÓN DEL RIEGO

Como se mencionara anteriormente, esta tecnología se desarrolla con la aparición de las computadoras y principalmente cuando comienzan a instalarse de forma importante a nivel predial las estaciones meteorológicas automáticas. Estos modelos matemáticos de cálculos del consumo de agua por los diferentes cultivos a través de los datos climáticos del lugar en general demostraron tener ventajas por manejar localmente los parámetros de clima, haciendo más eficiente el manejo del riego en los cultivos. Según Heerman *et al.* (1990), prácticamente todos los programas informatizados de manejo del riego ahorran más agua que los métodos tradicionales por basarse en parámetros agroclimáticos y estiman de manera adecuada en tiempo y cantidad las láminas de riego futuras a aplicarse en el cultivo.

El INIA Las Brujas a partir del año 2003 conjuntamente con la Universidad Federal de Santa María (Brasil), puso a disposición de los productores un programa computacional ("SISTEMA IRRIGA": www.irrigabem.com.br) basado en parámetros de clima a través de la toma de datos de estaciones meteorológicas automáticas. En el año 2003 se validó el programa con la cebolla Pantanoso del Sauce CRS en los ensayos de rotaciones hortícolas del INIA, comprobándose su utilidad tanto en este como en otros cultivos de cebolla de la estación experimental. El rendimiento obtenido para ese año en promedio de todas las parcelas fue de 25 t/ha.

BIBLIOGRAFÍA

- GALVÁN, G.; PUPPO, L.; GARCÍA, M.; PRIORE, E.; ALTIERI, M; MANCUELLO, M.; LEYS, P.; REGGIO, A.; COSTA O.** 2004. Manejo para altos rendimiento en el cultivo de cebolla Pantanoso del Sauce CRS: riego, densidad y nitrógeno. **En:** Recientes resultados de investigación e informaciones técnicas para el cultivo de cebolla en la Región Sur. Facultad de Agronomía – UDELAR. Montevideo Uruguay p 18-24.
- GARCÍA, C.; QUINTANA. R.** 1993. Manejo del agua en el cultivo de cebolla dulce. Serie de Divulgación de INIA N° 26.
- GARCÍA, C. ; ARBOLEYA, J.** 1999. Effect of irrigation on sweet onion in Uruguay. **In:** International Irrigation Show Proceeding. pp:161-166.
- HEERMAN, D.F.; MARTIN, D.L.; JACKSON, R.D. ; STEGMAN, E.C.** 1990. Irrigation Scheduling Controls and Techniques. **In:** Irrigation of Agricultural Crops. Agronomy N°30. ASAE.
- JENSEN, M.E.** 1969. Scheduling irrigations with computers. *J. Soil Water Conserv.* 24 (8):193-195.
- KLEINKOPF, G.E.** 1983. Potato water relation. **In:** I.D. Peare and M.M. Peet (Editors), *Crops Water Relations*. Wiley Interscience Publ. N.Y., pp. 287-307.
- SINGH, G., BROWN, D.M.; BARR, A.** 1993. Modelling soil water status for irrigation scheduling in potatoes. I. Description and sensitivity analysis. *Agric. Water Management*.