

Necesidades hídricas y programación de riego en los cultivos de maíz, soya y sorgo en la localidad de Salto, Uruguay

Richard A. Rodríguez Padrón¹, Pancraccio Cánepa¹, Mauricio Burgos¹, Gaston Echeveste Martinol²

¹Departamento del Agua, CENUR-Regional Norte, Universidad de la República (Uruguay).

²Licenciatura en Ciencias Hídricas Aplicadas, CENUR-Regional Norte, Universidad de la República (Uruguay).

Email autor correspondente: rarpadron@gmail.com

Artigo enviado em 01/12/2016, aceito em 07/03/2017.

Resumen: El uso eficiente y eficaz del agua en el riego, es la clave de la sostenibilidad y la rentabilidad de cualquier cultivo. El objetivo de este estudio fue determinar la necesidad hídrica y programación de riego de los cultivos de maíz, sorgo y soya en diferentes fecha de siembra y estimar el decrecimiento del rendimiento en condición de secano. El estudio fue conducido en la localidad de Salto, ubicado en la Región Norte del Uruguay. El intervalo de la siembra fue mensual, en los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre. Se efectuó análisis de consistencia de las variables climáticas para un periodo de observación de 46 años, seleccionando 36 años para el estudio. Los datos de suelo fueron obtenidos por determinaciones efectuadas en campo y mediante ensayos de laboratorio. Para estimar las láminas de riego y la evapotranspiración de los cultivos, fue utilizado el modelo WinISAREG®. Para el análisis estadístico se aplicó un diseño experimental completamente al azar, donde los factores son cultivo y fecha de siembra y los años son las repeticiones. Las necesidades hídricas media maíz, soya y sorgo es de 612, 643 y 597 mm, respectivamente. La lámina de riego media en maíz, soya y sorgo es 308, 329 y 291 mm en intervalo de 9, 8 y 10 días, respectivamente. El decrecimiento del rendimiento medio en maíz, soya y sorgo 0,4, 0,3 y 0,3, respectivamente. Realizar la siembra en octubre o noviembre, representaría la mayor demanda de evapotranspiración.

Palabras clave: balance hídrico, evapotranspiración, glycine max, lámina de riego, sorghum, WinISAREG, zea mays.

Water requirements and irrigation scheduling of maize, soybean and sorghum crops in the localization of Salto, Uruguay

Abstract: The efficient and effective irrigation water use is the key to sustainability and profitability of any crop. The aim of this study was to determine the water requirements and irrigation scheduling of corn, sorghum and soybeans in different planting date and estimate the decrease of yield in rainfed condition. The study was conducted in the locality of Salto, located in the northern region of Uruguay. The planting interval was monthly, in the months of September, October, November and December. Consistency analysis of

climatic variables was made for an observation period of 46 years, selecting 36 years to the study. Soil data were obtained by determinations in field and by laboratory tests. To estimate the irrigation depth and crop evapotranspiration was used WinISAREG® model. For statistical analysis, experimental design completely at random, where the factors are cultivation and planting date and year are applied replays. The average water requirements, corn, soybeans and sorghum is 612, 643 and 597 mm, respectively. The average irrigation depth in corn, soybeans and sorghum is 308, 329 and 291 mm in the range of 9, 8 and 10 days, respectively. The decrease of the average yield in corn, soybeans and sorghum 0.4, 0.3 and 0.3, respectively. Perform planted in October or November; represent the largest demand for evapotranspiration.

Key words: Evapotranspiration, glycine max, hydric balance, irrigation depth, sorghum, WinISAREG, zea mays.

Introducción

La escasez de recursos hídricos, hace que sea necesario la gestión y el uso adecuado de agua, el sector agrícola es una de las actividades que demandan mayor cantidad de agua, dependiendo de los requerimientos de cada cultivo. En vista de esta escenario, es importante la determinación de la pérdida de agua a la atmósfera a través de la superficie absorbida por las plantas, que corresponde a la evapotranspiración del cultivo (SILVA et al., 2011). El clima es uno de los factores de mayor importancia que determina las necesidades hídricas de los cultivos, a fin de obtener el crecimiento y rendimientos óptimos, sin ninguna limitación (DOORENBOS y KASSAM 1994).

El uso más eficiente del agua en la agricultura requiere una comprensión adecuada de las necesidades hídricas de los cultivos, es decir, la evapotranspiración del cultivo y necesidades de agua, obtenidos a partir de los anteriores por el balance de agua en el suelo (PEREIRA, 2007). Se considera que el manejo eficaz de este recurso representa el futuro y el uso eficiente del agua en el riego, ha sido la clave de la sostenibilidad y la rentabilidad de cualquier cultivo. El impacto que produjo

el alto consumo de agua en la región donde este recurso fue limitado, alienta al desarrollo de nuevas técnicas que permitirán analizar la administración eficiente del agua (PADRÓN et al., 2016). También Alexandrov (2011), señala que la identificación de la vulnerabilidad agrícola a la sequía y la incertidumbre climática requiere el uso de conjuntos de datos del tiempo a largo plazo y de los modelos de predicción.

El modelo WinISAREG® es un modelo de simulación para la programación del riego que realiza el balance hídrico del suelo a nivel de campo, con diferentes alternativas. El modelo también permite evaluar los impactos de los programas de riego en la producción agrícola (LIU et al., 1998 y PEREIRA et al., 2003).

La principal limitante ambiental del Uruguay para la producción de cultivos de verano es la disponibilidad hídrica (SAWCHIK y CERRETA, 2005), debido a la escasa capacidad de almacenamiento de agua de los suelos (MOLFINO y CALIFRA, 2001), a las demandas atmosféricas elevadas del verano (BAETHGEN y TERRA, 2010) y a la irregularidad de las precipitaciones, que generalmente, no cubren las necesidades de los cultivos. En este contexto Sawchik

et al., (2010), señala que “durante el verano, y en condiciones promedio, el contenido de agua disponible de los suelos no satisface la demanda de los cultivos y pasturas. Así se verifican frecuentemente impactos negativos en la producción de cultivos anuales y perennes, existiendo una alta dependencia de la recarga hídrica del suelo, tanto del momento como de su magnitud, para satisfacer las demandas de los cultivos y pasturas. También, la variabilidad interanual del clima está integrada a los diferentes sistemas de producción agropecuarios. Sin embargo, existen una serie de factores que en los últimos años han llevado a poner más atención en el riesgo asociado a la variabilidad climática. Además, se constata una mayor frecuencia de eventos extremos, tanto por la incidencia del cambio climático, así como por la identificación de variaciones interdecádicas en las precipitaciones. Por otro lado, el país asiste a un escenario de intensificación de la producción con un aumento de las necesidades de agua por unidad de área. Esto último es resultado de una alta presión y competencia entre rubros por el uso de la tierra. Así en algunos sistemas de producción, los productores tienen serias limitantes para crecer en área lo que implica una mejora en el diseño y cumplimiento de sus rotaciones agrícola-forrajeras para mantener una alta eficiencia en la producción”.

En este contexto, el objetivo de este estudio fue determinar la necesidad hídrica y programación de riego de los cultivos de maíz, sorgo y soya en diferentes fecha de siembra y estimar el decrecimiento del rendimiento en condición de secano, en la localidad de Salto, Uruguay.

Materiales y Métodos

El estudio fue conducido para la localidad de Salto, Uruguay, ubicada en las coordenadas geográficas 31°22'31,5"S, 57°43'3,6"W y altitud: 82 msnm. Se utilizaron los datos de suelo de la estación experimental de la Facultad de Agronomía – Salto, que se clasifica como Bronosoles Eutricos, que es dominante en la unidad Itapebí-Tres Arboles de la carta 1:1.000.000 de suelo del Uruguay. El clima en la región es subtropical húmedo (Cfa), según la clasificación de Köppen. Los datos climáticos fueron obtenidos con frecuencia diaria del banco de datos agroclimáticos del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA, 2016), en la estación localizada en (31°16'20,2"S, 57°53'25,7"W, altitud: 46 msnm), en el periodo comprendido entre julio de 1970 hasta agosto de 2016, consiguiendo 46 años de observación meteorológica; a estos datos se les efectuó un análisis de consistencia, seleccionando 36 años para efectuar el balance hídrico y calcular la evapotranspiración de referencia por el método de la FAO-56 del modelo a utilizar. Las variables climáticas utilizadas para efectuar el análisis fueron: temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C), temperatura media (°C), precipitación (mm), velocidad del viento ($m\ s^{-1}$); humedad relativa mínima (%), humedad relativa media (%), humedad relativa máxima (%) insolación ($h\ dia^{-1}$) y la evaporación de tanque tipo A ($mm\ dia^{-1}$) desde julio 1970 hasta julio 2016.

Las variables de suelo determinadas fueron: capacidad de campo, densidad aparente, punto de marchitez permanente y textura de cada perfil (Tabla 1), las cuales se obtuvieron por observaciones y determinaciones efectuadas en campo y mediante ensayos de laboratorio en el Departamento del Agua de la Universidad de la República

(Uruguay), CENUR-Litoral Norte. La profundidad efectiva del sistema radical fue determinada por la abertura de trincheras en ensayos previos al estudio.

La textura y la densidad aparente fueron obtenidas en análisis de laboratorio.

Tabla 1. Características de suelo de la estación experimental.

Profundidad (m)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	MO (%)	CC (%)	PMP (%)	Da (g cc ⁻¹)	AD ^(Z) (mm cm ⁻¹)	Horizonte
0-0,3	27	25	48	5,2	37,1	22,4	1,2	52,6	Au1
0,3-0,6	5	36	59	1,6	32,7	19,2	1,4	55,1	Au2
0,6-1,1	7	31	62	1,3	32,0	18,7	1,4	91,9	Au3

^(Z)AD: agua disponible.

El balance hídrico fue realizado a partir de los datos de clima, suelo y planta, usando el modelo de simulación WinISAREG®, adoptando la láminas de riego de 100% del contenido de agua en el suelo y comparando la reducción del rendimiento en condición de secano. Las etapas de crecimiento y los coeficiente de cultivo (kc) para cada cultivo son los indicados en el boletín de la FAO-56 (ALLEN et al., 2006), se muestra (Tabla 2).

Se asumió cuatro fechas de siembra para el cultivo de maíz y tres fechas de siembra para los cultivos de sorgo y soya, en intervalo de un mes entre las fechas, las cuales fueron: 15 de septiembre, 15 de octubre, 15 de noviembre y 15 de diciembre, donde inició la época de primavera-verano, con el fin de obtener el máximo aprovechamiento de energía solar y temperatura, obteniendo así mayor desarrollo vegetativo.

Tabla 2. Coeficiente de cultivo y etapas de crecimientos de los cultivos maíz, soya y sorgo (ALLEN et al., 2006).

Cultivo	Coeficiente de cultivo (kc)			Etapas de crecimiento			
	Inicial	Media	Final	Inicial	Desarrollo	Media	Final
Maíz	0,7	1,20	0,35	20	35	40	30
Soya	0,5	1,15	0,50	20	30	60	25
Sorgo	0,7	1,10	0,55	20	35	40	30

Para comprar las diferentes necesidades hídrica entre las fechas de siembras establecidas, se estableció como análisis estadístico el diseño experimental completamente al azar, de acuerdo con (NOGUEIRA et al., 2015 y PADRÓN et al., 2016), donde el factor (A) correspondió a las fechas de siembra y los años fueron las repeticiones. Se evaluó el cumplimiento de la normalidad y homogeneidad de los datos, posteriormente se efectuó análisis de varianza para verificar la existencia de

diferencias entre los tratamientos. El procesamiento de los datos se efectuó con el software SPSS®, versión 20.

Resultados y Discusión

Las variables climáticas para el periodo en estudio, se muestran en la (Tabla 3). Los mayores meses de demanda de evaporación son diciembre y enero. La humedad relativa y la velocidad del viento medios son mayores en los meses de octubre y noviembre. La temperatura

máximas ocurre en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, periodo de verano. Este resultado se corresponde al balance hídrico anual, que se muestran en la (Figura 1). Los meses donde la precipitación supera la evaporación de referencia son los meses

de abril, mayo, junio y julio. Los meses de déficit hídrico según el balance hídrico del suelo son enero febrero, marzo y diciembre. Al igual el almacenamiento de humedad en el suelo ocurre en los meses de mayo, junio y julio.

Tabla 3. Variables climáticas durante los meses de estudio, periodo de 1970-2016, en la localidad de Salto, Uruguay.

Mes	Temperatura (°C)			H (%) Med.	V (m s ⁻¹) Med.	Insolación (horas)		P (mm)	Evaporación	
	Min.	Med.	Max.			Med.	Max.		Penma Med. (mm)	Tanque A Med. (mm)
Oct.	-0,4	18,7	36,4	73,6	2,2	7,6	12,8	158,0	3,88	5,36
Nov.	1,7	21,2	37,4	70,1	2,1	8,7	13,6	108,4	4,96	6,77
Dic.	5,6	23,9	40,2	66,5	2,0	9,1	13,6	157,5	5,75	7,81
Ene.	8,8	25,5	39,9	67,0	1,9	9,3	14,1	150,8	5,98	8,22
Febr.	6,7	24,2	39,2	71,8	1,8	8,4	13,5	190,8	4,96	6,60
Mar.	3,0	22,3	39,2	75,2	1,6	7,9	12,4	257,5	3,85	5,30
Abr.	0,6	18,6	36,5	78,4	1,6	6,6	11,3	168,0	2,37	3,61

H: Humedad relativa, V: Velocidad del viento, P: Precipitación acumulada. Evaporación, insolación y humedad relativa son medias diarias.

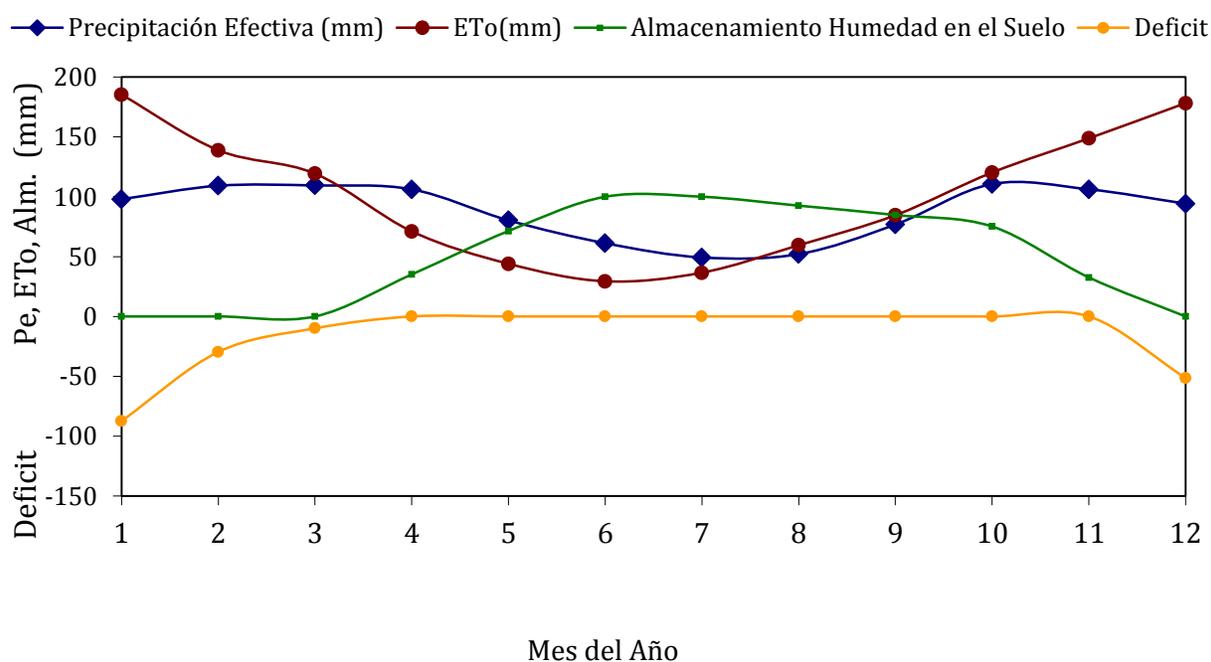


Figura 1. Balance hídrico del suelo con datos climáticos acumulado mensual para la localidad de Salto, Uruguay.

La evapotranspiración máxima, media y mínima para cada cultivo, se muestran en la (Tabla 4). La mayor evapotranspiración la muestra el método de Tanque tipo A, en todos los cultivos y en las diferentes fechas de siembra. Igualmente, es mayor el coeficiente de variación, demostrando mayor dispersión en los datos. En el cultivo de maíz, la menor y mayor evapotranspiración ocurre en la siembra de septiembre-diciembre y octubre-noviembre, respectivamente. La evapotranspiración en los cultivos de soya y sorgo, son similares, ocurriendo la mayor en los meses de octubre-noviembre. Estos

resultados son similares a los señalados por Kopp et al., (2015), el cual realizó balance hídrico del suelo en el cultivo de maíz, efectuando la siembra entre septiembre a diciembre, determinando evapotranspiración media de 654 mm. También, Caseiro et al. (1997), señala la evapotranspiración de maíz de 668 mm. Magalhães y Durães (2006), mencionan que la cantidad de agua que consume el maíz durante el ciclo del cultivo está en torno de 600 mm. Giménez y García (2011), señalan que la evapotranspiración total promedio para la localidad de Salto, para los cultivos de maíz, sorgo y soya es de 536, 523 y 640 mm respectivamente.

Tabla 4. Evapotranspiración máxima, media y mínima para los cultivos de maíz, sorgo y soya, por los métodos de Tanque tipo A y FAO-56, en la localidad de Salto, Uruguay.

Cultivo	Fecha de siembra	ETc - Tanque tipo A (mm)				ETc - FAO56 (mm)			
		Mínimo	Media	Máxima	CV (%)	Mínimo	Media	Máxima	CV (%)
Maíz	15 Sept	697,6	842,4	1031,7	10,6	525,6	584,2	675,5	6,6
	15 Oct.	750,2	939,4	1225,2	11,9	572,7	649,7	747,5	6,3
	15 Nov.	742,0	937,0	1302,1	12,5	558,1	645,2	721,6	5,6
	15 Dic.	637,1	820,6	1123,2	12,2	481,4	569,2	636,4	5,8
Soya	15 Oct.	796,3	997,7	1338,0	11,9	610,8	694,7	791,7	5,8
	15 Nov.	739,5	947,6	1303,2	12,3	569,4	668,3	742,0	5,6
	15 Dic.	636,0	807,4	1091,5	11,9	480,8	567,5	629,6	5,7
Sorgo	15 Oct.	733,8	913,3	1196,8	11,8	559,4	633,9	727,4	6,1
	15 Nov.	708,6	895,9	1238,7	12,4	533,1	617,6	689,9	5,6
	15 Dic.	608,6	779,6	1062,7	12,1	455,7	540,0	601,3	5,8

La lámina y frecuencia de riego media, máxima y el decrecimiento del rendimiento en secano, se muestran en la (Tabla 5). Las láminas de riego se correlacionan con la evapotranspiración. El análisis estadístico mostró diferencia estadística significativa a 5% probabilidad. El cultivo de maíz muestra la mayor aplicación de riego, realizando la siembra en octubre-noviembre y la menor

en diciembre. Los cultivos de soya y sorgo, muestran el mayor requerimiento de riego en los meses de octubre-noviembre. La diferencia entre la lámina mínima y máxima requerida para todas las épocas de siembra, para los cultivos de maíz, soya y sorgo es de 371,3, 341,9 y 354,2 mm, mostrando la mayor variación el cultivo de maíz. La frecuencia de riego en maíz varío en su valor medio ente 8 a 10 días,

con máxima de 17 días aproximadamente y en soja entre 7 a 10 días con máxima de 18 días. En sorgo la frecuencia mínima es de 9 días y máxima de 18 días, mostrando mayor aprovechamiento de humedad en el suelo. El mayor decrecimiento en el rendimiento en secano, es en maíz, entre 0,4 a 0,5, representando entre 3 a 4 t ha⁻¹, aproximadamente. En soja y sorgo, el decrecimiento es similar entre 0,2 a 0,3. El menor decrecimiento para todos los cultivos es en el mes de diciembre. Giménez 2012, estudio la producción de maíz con estrés hídrico en diferentes etapas de desarrollo en dos años diferente, determinado lámina de riego sin déficit hídrico de 165 y 473 mm, con 6 y 16 aplicaciones de riego, obteniendo

rendimiento de 13,2 y 15,3 t ha⁻¹, respectivamente, y concluye que el estrés hídrico en el llenado del grano, genero decrecimiento del rendimiento cerca del 30% y el déficit continuo en la etapa vegetativa genera 56% de decrecimiento del rendimiento. También Giménez et al., (2014), muestra resultados similares en la aplicación de lámina de riego en el cultivo de soja en tres años de estudios de 180, 414 y 396 mm, con 5, 11 y 12 aplicaciones de riego, y en el cultivo de sorgo de 409 y 480 mm de lámina aplicada, concluyendo que los consumos de agua estimados en los cultivos sin déficit hídrico en todo el ciclo fueron mayores en maíz que en soja y sorgo.

Tabla 5. Lámina y frecuencia de riego máxima, media, mínima y decrecimiento del rendimiento en condición de secano para los cultivos de maíz, sorgo y soja, en la localidad de Salto, Uruguay.

Cultivo	Fecha de siembra	Lámina de riego (mm)		Frecuencia de riego (días)		Decrecimiento del rendimiento
		Media	Máxima	Media	Máxima	Media
Maíz	15 Sept.	284,4 ^b	475,2	10	17	0,4
	15 Oct.	352,8 ^a	594,0	8	16	0,5
	15 Nov.	332,4 ^a	475,2	8	12	0,5
	15 Dic.	265,2 ^b	415,8	10	15	0,4
	CV	17,91%	-	-	-	-
Soja	15 Oct.	366,5 ^a	540,0	7	16	0,3
	15 Nov.	343,6 ^a	486,0	7	12	0,3
	15 Dic.	255,0 ^b	431,7	10	18	0,2
	CV	20,20%	-	-	-	-
Sorgo	15 Oct.	322,2 ^a	534,6	11	18	0,3
	15 Nov.	303,6 ^a	468,5	9	16	0,3
	15 Dic.	241,8 ^b	356,4	11	15	0,2
	CV	18,28%	-	-	-	-

*Significativo a 5% de probabilidad.

La capacidad de almacenaje de agua del suelo oscila entre 60-180 mm de agua disponible, lo cual representa en el mejor de los casos, 1/3 de las necesidades de agua de un cultivo de maíz de alto

potencial o el 50% de aporte para la persistencia y/o producción de materia seca en cantidad y calidad de algunas forrajeras utilizadas en el sistemas de producción (SAWCHIK et al., 2010). Los

modelos de simulación permitieron la evaluación y la prevención de los riesgos asociados a la agricultura y el pronóstico de los resultados productivos de los cultivos bajo diversas condiciones de disponibilidad hídrica. También, Pántano (2014), señaló la diversidad de factores que afectaron la disponibilidad hídrica y la variabilidad de cada uno de ellos determinaron la complejidad del sistema suelo-atmósfera, entre ellos, la precipitación constituyó el aporte más importante de agua al suelo y la adopción de técnicas agrícolas destinadas a mejorar el uso eficiente del agua, ha generado el aumento de la superficie sembrada e incrementó de la sustentabilidad del sistema (suelo-atmósfera) y la productividad de los cultivos, en este contexto, el estudio de la interacción entre el suelo y la atmósfera ayudará a comprender, en parte, este sistema y una de las formas son los estudios a través del análisis del balance hídrico del suelo. Por otra parte, Walter et al. (2012) mencionó que los modelos matemáticos se presentaron como simplificación de la realidad que debidamente adaptados y probados en diversos ambientes, permiten describir las interacciones planta-cultivos y ambiente.

En las condiciones de este estudio, se justifica la aplicación de riego en los diferentes cultivos de maíz, soya y sorgo, para obtener rendimientos estables y económicamente rentables, sin embargo, el mes que favorece la siembra en seco es el mes de diciembre.

Conclusión

Las necesidades hídricas en los cultivos de maíz, soya y sorgo variaron de 481-747, 480-791 y 455-727 mm, respectivamente. Realizar la siembra en octubre o noviembre, representaría la mayor demanda de evapotranspiración.

La lámina de riego media en maíz, soya y sorgo es 308, 329 y 291 mm en intervalo de 9, 8 y 10 días, respectivamente. El decrecimiento del rendimiento medio en maíz, soya y sorgo 0,4, 0,3 y 0,3, respectivamente.

Agradecimiento

Al Fondo de Promoción de Tecnología Agropecuaria (FPTA-296), por el apoyo financiero.

Bibliografía

ALEXANDROV, V. 2011. **Methods for monitoring and estimation of drought vulnerability in Bulgaria**. National Institute of Meteorology and Hydrology and Bulgarian Academy of Sciences, Sofia. 216 p.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiración del cultivo**. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estudio FAO Riego y Drenaje 56. Roma. 323 p. 2006,

BAETHGEN, W. E.; TERRA, R. El riego en un clima cambiante. En: 1er Seminario internacional potencial del riego extensivo en cultivos y pasturas. Montevideo: Boscana. pp. 7-18. 2010.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande. PB: UFPB. 306 p. 1994.

GIMÉNEZ, L. Producción de maíz con estrés hídrico provocado en diferentes etapas de desarrollo. **Agrociencia Uruguay**, v.16, n.2, p. 92-102, 2012.

GIMÉNEZ, L.; CANOSA, G.; PRIETO, C.; GRASSO, J. P.; MONTERO, A.; RAMEAU, M.; ROSA, A.; ARÉVALO, R. **Riego**

suplementario en cultivos y pasturas. Serie 55 FPTA-INIA. ISSN: 1688-924X. 67 p. 2014.

GIMÉNEZ, L.; GARCÍA P. M. Evapotranspiración de cultivos de verano para dos regiones climáticamente contrastantes de Uruguay. **Agrociencia Uruguay**, v. 15, n. 2, p. 100-108, 2011.

INIA, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Unidad de Agroclima y Sistemas de Información (GRAS). Disponible: <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>. Consulta: agosto. 2016.

KOPP, L.; PEITER, M. X.; BEN, L. H. B.; NOGUEIRA, H. M. C. M.; PADRÓN, R. A. R.; BUSKE, T. C. Simulação da necessidade hídrica e estimativa de produtividade para cultura do milho em municípios do RS. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.14, n.2, p. 235-246, 2015.

LIU, Y.; TEIXEIRA, J. L.; ZHANG, H. J.; PEREIRA, L. S. Model validation and crop coefficients for irrigation scheduling in the North China Plain. **Agricultural Water Management**, v.36, p.3, p. 233-246, 1998.

MOLFINO, J.; CALIFRA, A. **Agua disponible en las tierras del Uruguay.** Segunda aproximación, Montevideo: MGAP, 12 p. 2001.

NOGUEIRA, C. U.; PADRÓN, R. A. R.; NOGUEIRA, H. M. C. M.; CERQUERA, R. R.; KOPP, L. M. Necesidades hídrica na cultura da batata-doce em diferentes localidades e épocas de plantio. **Acta Iguazu**, v.4, n.3, p. 66-77, 2015.

PADRÓN, R. A. R.; NOGUEIRA, H. M. C. M.; CERQUERA, R. R.; BEN, L. H. B.; KOPP, L.

M.; BRAGA, F. V. A. Estimation of water requirements of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) in five municipalities of Rio Grande do Sul-Brazil. **Rev. Fac. Agron. (LUZ)**, v.33, n.2, p. 162-180, 2016.

PÁNTANO, V. C.; SPESCHA, L. B.; PENALBA, O. C.; MURPHY, G. M. Influencia de la variabilidad de temperatura y precipitación en la situación hídrica del suelo, en la región oriental de secano de la Argentina. **Meteorologica**, v.39, n.2, p. 21-36, 2014.

PEREIRA, L. S. **Necessidades de agua e programação da rega: Modelação, avanços e tendências.** “Modernización de riegos y uso de tecnologías de información” (Taller CYTED-Riegos, La Paz, Bolivia, 2007. Disponible en: <http://www.procisur.org.uy/images/biblioteca/150000.pdf>

PEREIRA, L. S.; TEODORO, P. R.; RODRIGUES, P.N.; TEIXEIRA, J. L. **Irrigation scheduling simulation: the model ISAREG.** p. 161-180. *In: Tools for drought mitigation in Mediterranean Regions*, Rossi G.; Cancelliere, A.; Pereira L. S.; Oweis, T.; Shatanawi, M.; Zairi, A. (Eds.), Tools for drought mitigation in Mediterranean Regions, Kluwer, Dordrecht, p. 161-180, 2003.

SAWCHIK, J.; CERRETA, S. **Consumo de agua por sojas de distinto grupo de madurez en diferentes ambientes de producción.** *En: Jornada Técnica de cultivos: Trabajos presentados*, Montevideo: INIA, (Actividades de Difusión; 417), p. 41-45, 2005.

SAWCHIK, J.; MAS, C.; GOMAR, E. P.; BERMÚDEZ, R.; PRAVIA, V.; GIORELLO, D.; AYALA, W. **Riego Suplementario en**

pasturas: antecedentes de investigación nacional, p. 13, 2010.

SILVA, A. O.; MOURA, G. B. A.; SILVA, E. F. F.; LOPES, P. M. O.; SILVA, A. P. N. Análise espaço-temporal da evapotranspiração de referência sob diferentes regimes de precipitações em Pernambuco. **Caatinga**, Mossoro, v.24, n.2, p. 135-142, 2011.

WALTER, L. C.; ROSA, H. T.; STRECKE, N. A.; FERRAZ, S. E. T. Adaptação e avaliação do modelo InfoCrop para simulação do rendimento de grãos da cultura do arroz irrigado. **Engenharia Agrícola**, v.32, n.3, p. 510-521, 2012.