

Año meteorológico típico para Villa Mercedes (San Luis, Argentina): Herramienta para simulaciones de balance hídrico y calendario de riego

Marisa Mariela Garbero, Gastón Roberto Canle, María Magdalena Hellmers

Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de San Luis.
Au. de los Comechingones S/N extremo Norte, Villa Mercedes, San Luis. garberom@yahoo.com.ar

Resumen

Este trabajo se realizó con el objetivo de generar el Año Meteorológico Típico (AMT) de Villa Mercedes (San Luis) para la serie climática 1968-2018. La provincia de San Luis se localiza en la región semiárida pampeana y presenta déficit hídrico para la producción agrícola durante todo el año. La incorporación de equipos de riego, para lograr rendimientos más altos y estables de un año a otro, ha hecho que la superficie bajo riego presurizado de la provincia de San Luis se haya incrementado 3,5 veces entre los años 2002 y 2013. La aplicación de modelos matemáticos, que ayuden a los productores en la toma de decisiones sobre el manejo del riego y para determinar el momento y la cantidad de agua a aplicar, puede ser más exacta utilizando los datos del año meteorológico típico. El AMT está constituido por 12 meses concatenados de años individuales estadísticamente seleccionados que representan las características típicas de toda la serie analizada. En este trabajo se utilizaron datos de la estación meteorológica de la EEA-INTA Villa Mercedes (33°39'06.7"S 65°25'11.6"W) y complementados con datos puntuales de la estación meteorológica de FICA-UNSL (33°64'02.9"S 65°44'66.18"W) de los años 1968 a 2018. Se empleó la metodología descrita por Domínguez *et al.* (2013a) usando las variables climáticas diarias de precipitaciones, evapotranspiración y temperatura máxima y mínima. El uso del AMT Villa Mercedes puede ser interesante en la gestión de establecimientos con sistemas de riego, ya que puede ser usado para estimar el balance hídrico o planificar el rendimiento esperado bajo diferentes escenarios de riego.

Palabras clave: datos climáticos, AMT, riego, balance hídrico

Abstract

Key objective of this research was creating the typical meteorological year (TMY) for Villa Mercedes (San Luis) using 1968-2018 climate series. The province of San Luis belongs to the semi-arid region. This region presents a water deficit for agricultural production throughout the year. The used of irrigation systems of the province of San Luis has increased 3.5 times between 2002 and 2013. The application of mathematical models assists farmers to make decisions about irrigation management. The time and amount of water to be applied, can be more accurate using the typical meteorological year. TMY consists of 12 months selected from individual years and concatenated to form a complete year. In this work, the climatic data (from 1968 to 2018) were obtained of two weather station (EEA-INTA Villa Mercedes: 33°39'06.7"S 65°25'11.6" W and FICA-UNSL: 33°64'02.9"S 65°44'66.18"W). The months selected were chosen from statistics determined by the following indices commonly used for irrigation scheduling: reference evapotranspiration (ET_o), rainfall (P), and minimum (T_{min}) and maximum temperature (T_{max}) (Domínguez *et al.*, 2013a). The use of the typical meteorological year is of interest when managing irrigated areas, since it can be used to irrigation schedule forecasting and estimate the water balance.

Keywords: climatic data, TMY, irrigation, hydric balance

Introducción

La provincia de San Luis se localiza en la región semiárida de la República Argentina. El régimen de precipitaciones varía desde los 700 mm anuales en el Este, hasta 250 mm en el Oeste. La franja Este de la provincia pertenece a la región semiárida pampeana, presenta déficit hídrico para la producción agrícola durante todo el año (Saenz, 2009). Por esa razón los productores han adoptado la tecnología del riego para lograr rendimientos más altos y estables de un año a otro, lo que ha llevado a que la superficie bajo riego presurizado de la Provincia de San Luis se haya incrementado 3,5 veces entre los años 2002 y 2013.

En la gestión de un establecimiento con agricultura de regadío se debe tener en cuenta que es ineludible conocer las características del agua de riego, del suelo, del clima y del cultivo para determinar momentos y cantidades de agua a aplicar (Saenz y Colazo, 2015). Existen modelos matemáticos que ayudan a los productores en la toma de decisiones sobre el manejo del riego, muchos de los cuales han sido diseñados para realizar simulaciones que estiman el balance hídrico y el rendimiento del cultivo de la campaña futura. Se recomienda que las variables climáticas que se utilizan en los modelos sean representativas del clima de la región y es en esta situación que adquieren importancia los datos que puede proveer el Año Meteorológico Típico (AMT).

El AMT está constituido por 12 meses concatenados de años individuales (formado por datos meteorológicos inalterados y perfecta correlación entre las variables climáticas diarias), estadísticamente seleccionados que representan las características típicas de toda la serie analizada. Se utiliza generalmente para dimensionar sistemas de control climático industrial y en agricultura para diseñar invernaderos. Esta metodología ha sido adaptada para ser empleada en la programación de riegos, mediante su incorporación a modelos matemáticos (Domínguez *et al.*, 2013b). El uso de AMT puede ser interesante en la gestión de zonas regables ya que las series climáticas generadas pueden ser utilizadas para estimar las necesidades medias anuales de los cultivos o el rendimiento esperado bajo diferentes escenarios de riego. La principal ventaja del AMT frente a un año medio es utilizar datos diarios no modificados, lo que implica mayor variabilidad y perfecta correlación entre variables.

Objetivo

El objetivo de este trabajo fue generar el Año Meteorológico Típico para Villa Mercedes (San Luis) para la serie climática 1968-2018.

Metodología

Para el desarrollo del AMT se utilizaron datos climáticos de la serie comprendida entre los años 1968 y 2018 de la estación meteorológica ubicada en la EEA-INTA Villa Mercedes (33°39'06.7"S 65°25'11.6"W) y en algunos días puntuales se complementó con datos de la Estación meteorológica de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de San Luis (33°64'02.9"S 65°44'66.18"W).

La realización del AMT requiere de las variables: Temperatura Mínima (Tmin), Temperatura Máxima (Tmax), Precipitaciones (P) y Evapotranspiración Potencial (ETo). El cálculo de ETo se realizó con la fórmula de Hargreaves (Hargreaves y Samani, 1985) que utiliza datos de temperaturas y de Radiación Solar (1).

INVESTIGACIÓN

Garbero *et al.*

Año meteorológico típico [...]

$$ETo = 0,0135 (tmed + 17,78)Rs \quad (1)$$

donde:

ET0 = evapotranspiración potencial diaria, mm/día

tmed = temperatura media, °C

Rs = radiación solar incidente, convertida en mm/día

La radiación solar incidente, Rs, se calculó a partir de la radiación solar extraterrestre y se obtuvo de tablas en función de la latitud del lugar y del mes del año. Se ajustó según la metodología de Samani (2000).

Para acoplar los datos en la distribución común durante los meses analizados, se realizó el cálculo de regresión cúbica como lo indica la metodología de Alea (2001). Se obtuvieron rangos específicos para establecer frecuencias acumuladas en cada parámetro analizado (Ruiz de Adana, 2002). Posteriormente, con los datos de frecuencias acumuladas, se aplicó la ecuación estadística de Finkelstein-Schafer, para todos los datos (Kalamees y Kurnitski, 2005). Se multiplicaron los valores obtenidos de todos los parámetros, con los valores del sistema de ponderación (ET0, P, Tmin, y Tmax: 30/100, 60/100, 5/100 y 5/100, respectivamente), para obtener una suma ponderada (WS). Se seleccionaron los meses con el WS más cercano a 0; es decir, aquellos valores que presentaron un comportamiento más semejante al global de los datos mensuales analizados.

Resultados y Discusión

Se realizó el análisis de los 51 años de la serie histórica de Villa Mercedes, San Luis (Argentina) y se obtuvieron los meses que forman el AMT (Tabla 1). Se aclara que previo a la carga de datos se procedió a eliminar valores de precipitaciones menores a 1 mm/día por considerarse despreciables desde el punto de vista de su aprovechamiento por parte de las plantas y los mismos fueron reemplazados por el valor 0.

En estos meses que estadísticamente presentaron el menor WS de la serie se comprobó que no existieran eventos de precipitaciones extraordinarios, es decir, muchos milímetros en un solo día, ya que no es representativo de lo que ocurre habitualmente. Se presentan en tablas los datos de P, ET0, Tmin y Tmax del AMT (Tablas 2, 3, 4 y 5, respectivamente).

Tabla 1. Meses del AMT con su correspondiente año

Ene 1975	Feb 1991	Mar 2005	Abril 2006	May 1976	Jun 2000	Jul 1969	Ago 1968	Sep 2017	Oct 1980	Nov 1983	Dic 1980
-------------	-------------	-------------	---------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

INVESTIGACIÓN

Garbero *et al.*

Año meteorológico típico [...]

Tabla 2. Evapotranspiración potencial diaria (mm/día) del año meteorológico típico.

	Ene 1975	Feb 1991	Mar 2005	Abril 2006	May 1976	Jun 2000	Jul 1969	Ago 1968	Sep 2017	Oct 1980	Nov 1983	Dic 1980
1	7,69	6,64	4,18	3,49	1,21	1,54	1,81	1,57	4,59	3,30	4,97	6,64
2	7,49	5,29	4,76	2,89	2,02	1,82	1,79	2,88	3,15	4,00	4,97	6,61
3	7,55	7,07	5,20	3,24	1,88	2,02	1,93	2,10	1,56	4,40	6,26	7,25
4	4,69	4,47	5,70	3,04	2,03	2,05	1,60	2,72	2,80	4,90	6,93	5,54
5	6,76	5,05	3,56	1,67	1,19	1,20	1,19	2,10	3,64	5,25	6,73	7,01
6	5,47	6,03	5,86	2,61	0,93	1,15	1,17	0,81	3,73	4,60	1,56	5,41
7	6,08	5,84	2,61	3,40	2,17	1,81	0,99	0,94	3,84	3,28	5,94	7,43
8	7,13	4,28	3,32	2,55	1,97	2,02	0,82	1,95	4,05	4,74	6,49	7,52
9	2,95	6,30	4,96	3,25	1,74	1,72	0,88	2,67	1,85	5,35	3,23	5,86
10	5,17	3,99	5,08	3,49	2,58	1,56	1,37	3,25	1,27	4,05	5,48	8,43
11	6,80	5,25	4,78	3,55	2,90	1,95	1,47	3,00	2,86	4,73	2,30	6,02
12	7,24	5,93	2,65	3,52	2,63	1,69	1,48	1,58	3,64	5,51	4,34	6,97
13	6,45	2,04	4,40	1,78	2,45	2,28	2,21	2,35	3,88	5,87	4,19	5,43
14	5,76	4,97	5,23	2,10	2,14	1,54	2,21	2,74	3,16	5,91	5,28	6,26
15	7,20	5,94	5,17	2,53	1,21	0,81	2,05	2,56	2,87	6,31	6,33	6,34
16	5,61	5,52	5,07	2,86	1,13	0,82	2,18	3,13	3,83	5,01	5,88	8,11
17	5,98	4,59	3,71	3,02	2,13	0,75	2,08	2,35	4,29	3,63	4,71	6,11
18	6,41	6,11	4,06	2,75	2,07	0,72	1,51	2,40	4,62	3,99	5,67	4,33
19	7,16	5,16	4,56	3,44	2,54	1,20	1,82	2,35	5,03	4,19	6,54	4,34
20	7,56	4,80	4,63	2,57	2,59	1,42	2,25	2,54	3,34	3,27	3,53	5,58
21	8,15	5,89	3,35	2,84	2,67	1,60	1,68	2,13	3,26	3,19	3,90	6,59
22	5,67	5,70	4,01	3,58	1,64	1,75	2,18	2,71	4,38	2,84	6,60	6,98
23	4,55	5,93	4,83	3,88	2,45	1,47	2,03	2,92	4,68	3,03	7,11	7,56
24	3,94	6,66	5,07	3,73	2,67	1,62	2,01	2,97	4,36	3,87	4,80	7,65
25	6,39	6,36	4,82	2,80	2,19	1,64	2,01	3,31	3,85	4,92	6,60	6,00
26	6,88	6,76	4,84	3,95	2,67	1,94	2,36	2,98	2,93	5,36	6,01	6,99
27	4,84	2,87	1,70	3,83	2,66	1,84	2,82	1,82	1,23	5,04	7,22	4,98
28	6,44	4,22	3,55	3,39	1,50	1,62	2,32	2,02	1,98	5,96	6,89	7,22
29	6,79		3,39	2,71	2,44	1,54	1,18	2,29	3,86	3,41	7,32	5,50
30	5,30		2,62	2,60	2,62	2,25	1,24	2,93	3,17	4,43	5,09	5,89
31	5,10		2,99		2,41		1,44	1,49		5,33		3,86

INVESTIGACIÓN

Garbero *et al.*

Año meteorológico típico [...]

Tabla 3. Precipitación diaria (mm/día) del año meteorológico típico.

	Ene 1975	Feb 1991	Mar 2005	Abril 2006	May 1976	Jun 2000	Jul 1969	Ago 1968	Sep 2017	Oct 1980	Nov 1983	Dic 1980
1	0	0	0	0	0	0	0	2,6	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0,0	0	7,7	0	0	0	0	0	0	0	0
4	26,5	17,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	17,9	0	0,2	32,5	0	0	0	4,6	0	0	14,0	13,0
7	0	0	34,6	0	0	0	0	15,7	0	0	7,6	0
8	0	1,0	0	30,0	15,6	0	0	0	0	0	0	0
9	14,8	0	0	0	0	0	1,6	0	2,4	0	0	1,3
10	0	5,6	0	0	0	0	0	0	15,8	0	1,0	0
11	0	6,4	0	0	0	0	0	0	0	0	9,0	0
12	0	0	45,0	0	0	0	0	0	0	0	12,0	0
13	0	5,3	3,4	2,2	0	0	0	0	0	0	0	16,5
14	0	1,0	0	2,0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	1,1	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
17	0	0	3,8	0	3,8	0	0	0	0	38,6	16,6	0
18	0	0	0	0	0	0	0	7,3	0	2,2	0	0
19	0	17,6	0	0	0	0	0	0	0	2,8	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19,5	0	0
21	0	0	1,8	0	0	0	0	0	0	4,4	6,8	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	7,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	31,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,8
26	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	0	0	0
27	0	38,3	3,0	0	0	0	0	16,1	1	0	0	12,1
28	0	3,5	0	0	11,5	0	0	0	0	0	0	5,3
29	0		0	0	0	0	0	0	0	14,7	0	12,8
30	0		5,8	0	0	0	0	0	0	0	3,3	0
31	13,9		0		0		0	0		0		36,3

INVESTIGACIÓN

Garbero *et al.*

Año meteorológico típico [...]

Tabla 4. Temperatura mínima diaria (°C) del año meteorológico típico.

	Ene 1975	Feb 1991	Mar 2005	Abr 2006	May 1976	Jun 2000	Jul 1969	Ago 1968	Sep 2017	Oct 1980	Nov 1983	Dic 1980
1	10,6	6,2	12,1	12,0	11,2	4,7	-2,9	3,9	7,3	5,8	7,5	9,8
2	13,6	19,4	15,2	13,6	9	1,4	0,1	-3,3	5,2	-2,1	11,4	11,7
3	16,0	12,0	14,0	14,5	10,5	1,2	3	7,4	8,2	-4,2	6,3	14,8
4	16,0	17,6	12,8	11,9	7,7	2,5	0,7	1,6	0,6	-2,9	8,5	14,4
5	13,1	14,6	17,5	14,5	9,8	2,4	0	3,1	-2,9	-2,0	11,9	11,3
6	14,1	15,2	15,9	11,6	13,2	1,5	-3	0,3	2,6	8,7	15,4	16,6
7	14,0	15,6	14,4	9,9	9	-2,5	-7,6	0,5	-1,1	10,0	4,5	15,7
8	15,8	18,0	7,7	13,0	6,1	-0,5	-1,7	2,4	2,9	-2,1	10,8	19,5
9	13,0	11,6	4,5	6,6	6,9	3,4	-4,9	0,2	7,3	0,9	16,2	19,7
10	10,0	16,8	14,4	7,6	2,7	3,8	-9,9	-1,3	5,1	10,0	6,8	17,3
11	8,1	11,4	12,8	8,5	0,6	-0,3	-0,4	6,3	2,7	8,3	13,8	16,5
12	12,1	11,6	15,9	10,4	4,8	1,6	-3,7	3,5	-2,3	8,0	12,7	15,3
13	14,8	14,4	14,0	12,7	3,4	3,1	0	-2,2	2,2	9,0	7,1	15
14	23,4	4,8	11,2	5,3	4,7	8,8	-2,3	-0,1	3,3	10,5	1,4	15,8
15	16,7	8,2	12,1	-2,2	10,5	4,8	-1,7	8,2	1,8	12,0	1,9	12,8
16	17,4	16,2	12,5	4,4	7	-1,3	3,5	9,3	-3	16,5	6,9	11,3
17	8,3	15,4	12,8	5,7	3,9	-1,4	9,2	12,4	3,1	11,8	9,7	14,8
18	5,6	12,8	7,8	6,3	0,4	0	2,7	2,4	5,5	15,3	6,9	14,5
19	12,2	15,8	9,4	7,5	-3,1	-3,5	5,21	4,6	10,1	15,8	9,4	4,9
20	16,7	15,8	15,3	8,3	-4,9	-5	-0,5	1,2	7,8	14,1	14,3	0,4
21	16,4	12,6	7,8	4,5	-5,2	-2,9	4,3	-4,7	2,5	3,5	9,7	2,6
22	17,6	10,4	1,2	6,2	2,3	-3	-2,4	-2,4	-2,8	1,4	5,3	9,4
23	21,0	16,4	3,1	4,2	4	-4,1	4,9	-2,7	2	8,6	14,2	9,4
24	16,5	14,0	6,5	9,5	0,5	4,8	6,3	2,8	8	9,0	18,8	13,5
25	13,1	17,3	9,4	11,0	-1	-2,2	4,5	3,5	7	4,9	11,9	16,6
26	15,4	18,4	12,8	6,6	1,9	-3,6	1,5	11,2	5,7	10,4	16,9	14,4
27	16,5	19,2	16,1	11,3	0,4	2,2	4,1	9,9	6,8	10,9	15,3	14,7
28	17,1	15,4	17,6	16,7	8,3	-1,6	12,5	3,9	9,7	7,0	18,3	12
29	19,6		8,2	5,1	2,1	-4,1	11,8	-1	7,3	6,8	20,5	16,2
30	21,6		6,9	-3,5	-1,5	3,4	3,2	1,9	8,7	5,5	18,9	15,8
31	18,6		12,8		3,7		-4,7	7,8		5,3		13,6

INVESTIGACIÓN

Garbero *et al.*

Año meteorológico típico [...]

Tabla 5. Temperatura máxima diaria (°C) del año meteorológico típico.

	Ene 1975	Feb 1991	Mar 2005	Abr 2006	May 1976	Jun 2000	Jul 1969	Ago 1968	Sep 2017	Oct 1980	Nov 1983	Dic 1980
1	34,7	32,4	26,7	28,5	16,2	18,1	18,1	13,0	29,3	17,5	23,4	29,8
2	34,8	31,6	30,9	25,4	21,7	20,6	18,3	23,6	19,9	19,3	25,0	30,3
3	35,9	35,6	32,5	28,0	21,2	23	20,6	19,0	12,4	21,6	28,7	33,8
4	25,8	27,6	34,6	25,5	21,2	23,6	16,1	22,6	16,2	24,5	32,1	27,5
5	31,9	28,2	26,7	19,1	15,1	13	10,9	17,3	21,6	26,5	32,2	31,7
6	27,5	32,4	36,4	22,6	16	12	9,7	4,4	22,9	25,1	16,9	28,2
7	29,7	31,8	20,7	27,1	23	19,9	6,3	5,6	23,1	19,5	26,9	34,8
8	34,3	27,2	20,3	23,0	20	22,8	5,5	15,7	25	23,6	30,9	36,7
9	18,2	32,2	28,6	25,0	18,1	19,8	5,2	21,9	13,2	27,2	21,7	31,4
10	24,5	25,4	32,1	27,0	25,2	18	12,0	27,1	8,7	23,0	25,4	38,9
11	30,5	27,6	30,0	27,7	28,2	22	14,3	26,0	17,2	25,6	17,2	30,2
12	33,4	30,6	21,9	28,1	26,1	19	13,7	12,9	21,6	29,3	23,2	33
13	31,4	17,4	28,6	18,3	24	26,5	23,3	18,5	23,8	31,3	19,9	27,4
14	33,7	24,2	31,7	16,0	21,2	19,8	23,2	22,5	19,3	31,9	23,3	30,7
15	34,9	29,6	31,7	17,3	15,7	9,8	21,2	23,0	17	34,2	28,3	29,7
16	29,7	30,8	31,3	21,4	12,7	6,4	23,6	28,0	22,9	30,3	27,2	35,9
17	27,2	26,8	24,7	23,0	20,9	5,5	24,3	23,4	26,6	22,0	23,2	29,7
18	28,3	31,8	24,4	21,2	19,4	5,8	15,7	19,8	29,1	25,5	26,3	23,4
19	33,1	29,2	27,6	26,6	24,2	11,2	20,1	20,0	32,6	26,6	30,7	18,7
20	36,2	27,8	30,3	20,7	24,8	14,2	23,8	20,8	22	21,9	21,3	23,2
21	38,2	30,8	20,5	21,3	25,7	17	18,2	16,1	19,8	16,0	19,9	28
22	30,0	29,2	22,4	27,3	15,3	19	22,8	22,0	26,7	13,3	30,0	31
23	28,6	32,5	27,6	29,1	24,2	15	22,3	24,0	28,9	17,6	34,5	33,3
24	23,7	34,5	29,6	29,3	25,9	19	22,5	25,0	28,1	21,7	28,4	34,8
25	30,5	34,6	29,0	23,5	20,5	17,6	21,9	28,1	24,8	25,6	31,7	30,2
26	33,2	36,6	30,3	30,1	26	21,6	25,3	27,5	18,7	29,3	31,5	32,7
27	26,6	23,6	18,8	30,5	25,7	21	30,7	18,2	9,8	28,0	35,3	25,7
28	32,4	25,4	26,7	30,0	16,7	17,4	28,0	16,9	15,5	31,3	35,3	32,7
29	34,8		20,9	20,5	23,7	16	17,3	18,1	24,9	18,5	37,8	28,3
30	31,2		16,1	17,8	25,2	26,2	12,8	24,5	21,4	23,2	29,4	29,4
31	28,7		21,3		23,7		13,1	14,5		27,8		21,3

INVESTIGACIÓN

Garbero *et al.*

Año meteorológico típico [...]

La generación de este AMT tuvo como objetivo su posible utilización en simulaciones de calendarios de riego y balance hídrico por lo que la elección de las variables (temperaturas mínima y máxima, evapotranspiración y precipitaciones) tienen estrecha relación con su uso futuro.

Dado que la ponderación le da un valor más importante a las precipitaciones y a la evapotranspiración potencial respecto a las temperaturas mínimas y máximas, es que el estadístico puede seleccionar meses demasiado lluviosos. En nuestro caso las precipitaciones anuales del AMT fueron de 743,6 mm/año y si bien es superior al valor promedio histórico de la región, ese valor se encuentra dentro del rango aceptable, determinado por la desviación estándar de los datos anuales de la región (promedio: 678,4 mm/año, desvío estándar: 168,2 mm/año).

Conclusiones

El AMT confeccionado puede ser considerado como una herramienta aplicable en la gestión de establecimientos con sistemas de riego, ya que puede ser usado para estimar el balance hídrico o planificar el rendimiento esperado bajo diferentes escenarios de riego.

Bibliografía

Alea M. 2001. Estadística con SPSS v10.0. Barcelona: Universitat Barcelona.

Hargreaves G.H. y Samani Z.A. 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied Eng. in Agric.*, 1(2): 96-99.

Domínguez A., Martínez-Romero A., Leite K.N., Tarjuelo J.M., de Juan J.A., López-Urrea R. 2013a. Combination of typical meteorological year with regulated deficit irrigation to improve the profitability of garlic growing in central Spain. *Agricultural Water Management* 130, 154-167.

Domínguez A., Martínez-Romero A., Tarjuelo J.M., de Juan J.A., López-Urrea R., Leite K.N. 2013b. Programación de riegos utilizando el Año Meteorológico Típico. VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas. 26-29 de agosto de 2013. Madrid, España.

Kalamees T. y Kurnitski J. 2005. Estonian test reference year for energy calculations. *Estonian Journal of Engineering*, 12, 40-58.

Ruiz de Adana M. 2002. Aplicación de la dinámica de fluidos computacional al control de las mermas de vino en naves de crianza climatizadas. Logroño: Universidad de la Rioja.

Saenz C.A. 2009. El riego complementario en relación a la agricultura en el este de San Luis. Pp 39-42. En: A Quiroga, J Casagrande & JC Colazo (Eds.), Aspectos de la evaluación y el manejo de los suelos en el este de San Luis. *Información Técnica* 173, INTA San Luis.

Saenz C.A. y Colazo J.C. 2015. Gestión de suelo y agua en sistemas productivos de la provincia de San Luis. 1a ed. Villa Mercedes, San Luis: Ediciones INTA. 162 p. ISBN 978-987-521-625-9.

Samani Z. 2000. Estimating Solar Radiation and Evapotranspiration Using Minimum Climatological Data. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Vol. 126, No. 4, pp. 265-267.

Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental. Facultad de Ciencias Agrarias. UNLZ. Vol. 6 (4) 2019: 3-10