

**RESPUESTA DEL CULTIVO DE MAÍZ Y LAS CARACTERÍSTICAS
FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO AL RIEGO COMPLEMENTARIO CON
AGUA SUBTERRÁNEA SALINA EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA
PAMPEANA**

Resumen

Sáenz, C.A. ⁽¹⁾; Morábito, J.A. ⁽²⁾; Gómez Hermida, V.F. ⁽¹⁾; Frigerio, K.L. ⁽¹⁾; Terenti, O.A. ⁽¹⁾ y Cortés M.P. ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ INTA – EEA San Luis. ⁽²⁾ INA-CRA; UNCU
csaenz@sanluis.inta.gov.ar

Resumen

En San Luis, Argentina, se cultivan anualmente 133.500 ha de maíz con un rendimiento medio de 1.600 kg grano ha⁻¹, muy inferior al potencial con riego complementario (15.000 kg grano ha⁻¹). La cuenca sur del cerro El Morro dispone de agua subterránea en cantidad y a escasa profundidad. Si bien no es recomendable para riego por su salinidad (4,26 dS m⁻¹), en suelos permeables se podrían aumentar los rendimientos con riego complementario, mitigando los efectos negativos del revenimiento freático de la zona. El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento de dos híbridos de maíz con tres niveles de riego, 100 % y 50 % del requerimiento hídrico y secano; y 9 niveles de fertilización combinando nitrógeno y fósforo. Durante las campañas agrícolas 2005-06 y 2006-07 se realizó el ensayo regando por aspersión con agua subterránea salina con una conductividad de 4,26 dS m⁻¹. El diseño estadístico del ensayo fue anidado o jerárquico. Las dosis de riego fueron determinadas en base a datos meteorológicos históricos corregidas quincenalmente a través del contenido hídrico del suelo. El rendimiento se determinó mediante la cosecha de dos metros lineales de los dos surcos centrales de cada parcela, calculándose la producción de grano, de rastrojo y la eficiencia de uso del agua. Durante el primer año la producción de los tratamientos de riego fueron estadísticamente ($\alpha = 0,05$) superior es al de secano como repuesta a un año seco, mientras que en el segundo año se observaron rendimientos mas elevados en tratamientos con 50 % de riego. Durante las dos campañas la respuesta a los tratamientos de fertilización fue errática, con esta calidad de agua de riego se pueden lograr rendimientos medios de 7.000 – 8.000 kg ha⁻¹. Se detectó que el riego con esta calidad de agua disminuye la velocidad de infiltración básica del suelo, con diferencias significativas entre tratamientos ($\alpha = 0,05$). La concentración salina, el pH y el PSI del suelo se incrementan proporcionalmente a la lámina de riego aplicada. Se determinó que, en regiones semiáridas con suelos permeables es factible alcanzar rendimientos importantes y estables mediante el riego por aspersión con agua salina.

Palabras clave: riego, maíz, agua salina

Introducción

En la región semiárida pampeana las precipitaciones oscilan entre 700 mm año⁻¹ en el este y 500 mm.año⁻¹ en el oeste, concentradas en la época primavero-estival. En agricultura extensiva se realizan cultivos estivales en secano debido a las características del régimen de las precipitaciones, que se concentran desde fines de primavera hasta comienzos de otoño, siendo las condiciones del invierno extremadamente secas (Orta 2006).

Los cambios climáticos en la región se caracterizaron por un incremento en las precipitaciones de 1,77 mm año⁻¹ durante el último siglo (Echeverría y Kall, 1990), lo que sumado al cambio tecnológico que significa el sistema de siembra directa hace que la actividad agrícola en esta región se encuentre en franco crecimiento.

El cultivo de maíz es importante en esta región como una herramienta para mantener el suelo cubierto con rastrojos (Díaz-Zorita y Grove, 2001), disminuyendo las pérdidas de agua por evaporación directa desde el suelo.

En la provincia de San Luis este cultivo en secano ha sido tradicionalmente relevante, con una superficie sembrada promedio de 134.000 ha año⁻¹ y un rendimiento medio de grano considerablemente bajo y variable entre años (Veneciano y Frigerio, 2002). Debido a la escasa oferta de nutrientes y de agua (Veneciano y otros, 2005) que genera un déficit hídrico de 488 mm durante el ciclo de cultivo (Veneciano y otros, 2000).

A partir de la década del 80 comenzaron a ingresar al país modernos sistemas de riego presurizado (Morábito y otros, 1997), este cambio tecnológico permite duplicar el rendimiento de los principales cereales y oleaginosas en el área central (Dardanelli, 1994).

El rendimiento promedio del cultivo de maíz en secano en la provincia de San Luis es inferior al potencial bajo riego complementario. Con pívot central se lograron rendimientos medios de 8.000 a 10.000 kg ha⁻¹, mientras que el potencial es de 14.000 kg ha⁻¹ de grano en San Luis (Garay y Colombino, 2002).

Al noreste de Villa Mercedes la cuenca sur del cerro El Morro, consta de una superficie 200.000 ha que se caracterizan por sufrir anegamientos y afloramientos de agua salina a causa del ascenso freático. Por ende se dispone de agua subterránea en cantidad y a escasa profundidad, pero la misma es de baja calidad para riego.

Se considera importante evaluar el cultivo de maíz bajo riego complementario con agua freática de esta cuenca, para evaluar la posibilidad de asegurar una cosecha rentable, estabilizar los rendimientos y disminuir los efectos del ascenso freático en la zona.

La utilización continua de agua de baja calidad con manejo inadecuado puede provocar un deterioro en la calidad de los suelos (Prieto y Angueira, 1996). Pero los pronósticos de afectación de los suelos por el riego que son válidos para zonas áridas, no son siempre aplicables a las condiciones de riego complementario en zonas húmedas (Báez, 1999).

Existen pocos antecedentes nacionales que evalúen los efectos de la calidad de agua de riego sobre las propiedades del suelo y productividad de los cultivos (Costa 1999).

En lo que respecta específicamente a cultivos de maíz regados con agua salina, la fertilización nitrogenada incrementa la tolerancia a la salinidad, especialmente en suelos arenosos (Beltrão y Asher, 1997). En suelos de baja fertilidad el cultivo responde a la fertilización química aunque el agua de riego sea caracterizada como C₃S₄, hasta una dosis de 250 kg ha⁻¹ de nitrógeno y 100 kg.ha⁻¹ de fósforo como P₂O₅, con un rendimiento máximo de 5.084 kg ha⁻¹ de grano (Ortiz Franco y Amado Álvarez 2001).

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar la factibilidad, beneficio e impacto edáfico del riego con agua salina en el cultivo de maíz; obtener relaciones de producción para distintos niveles de riego y fertilización; y evaluar los efectos del riego sobre las características físico-químicas del suelo.

Materiales y métodos

Se realizó un ensayo de rendimiento de maíz bajo riego durante dos campañas agrícolas, 2005-06 y 2006-07, en la Estación Experimental de INTA San Luís. Esta EEA se encuentra en la cuenca baja de la llanura sur del cerro El Morro y el sistema hídrico subterráneo corresponde a la cuenca de Colonia los Manantiales.

Este sitio se encuentra dentro de la región semiárida central con una media de precipitaciones de $594,4 \pm 145,5$ mm año⁻¹ (Veneciano y otros, 2000)

El perfil del suelo es poco desarrollado con una secuencia de horizontes A-AC-C con una capacidad de almacenaje de agua útil de 113 mm m⁻¹. La velocidad de infiltración básica del suelo (Ib) es de 78,93 mm h⁻¹.

La superficie del ensayo fue de 1,30 ha, donde se instaló un sistema de riego por aspersión fijo alimentado con agua subterránea. Los aspersores se ubicaron a 2 m de altura para que no interfieran con el cultivo.

El agua utilizada en el ensayo es sulfato sódica con una restricción de uso severa en cuanto a salinidad y RAS, la restricción desde el punto de vista de este último parámetro se debe a toxicidad por iones Na⁺ y Cl⁻ y no a problemas de reducción de la infiltración del suelo, de acuerdo a las directrices de interpretación de calidad de aguas para riego de Ayers y Wescot (1987). En cuanto al carbonato de sodio residual el agua es calificada como buena (Wilcox, 1954).

El híbrido de maíz utilizado fue G82RR2 DK (RR) resistente a glifosato. Al que se aplicaron tres tratamientos de riego con dosis diferenciales: 100 %: que recibió la totalidad del requerimiento hídrico del cultivo durante todo el ciclo, 50 %: regado con la mitad del requerimiento total y secano: testigo sin riego (secano). Las dosis de riego aplicadas en cada campaña se detallan a continuación en Tabla 1 y2.

Tabla 1: Precipitaciones y lámina de riego aplicada durante el ciclo de cultivo de la campaña 2005-06.

Mes	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Precipitaciones (mm)	106	45	92	63	45	10	361
Lamina aplicada (mm) para 100 % de requerimiento.		27	144	195	95		461
Lamina aplicada (mm) para 50 % de requerimiento.		14	70	98	49		231

Tabla 2: Precipitaciones y lámina de riego aplicada durante el ciclo de cultivo de la campaña 2006/07.

Mes	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Precipitaciones (mm)	96	130	159	113	154	30	682
Lamina aplicada (mm) para 100 % de requerimiento.		44	48	24	68		184
Lamina aplicada (mm) para 50 % de requerimiento.		22	24	12	34		92

Dentro de cada tratamiento de riego se instalaron los tratamientos de fertilización, comprendidos por 9 tratamientos de fertilización con nitrógeno como urea (46% de N), y fósforo como superfosfato triple (20% P) (Tabla 3). El testigo sin fertilizantes fue T1; T5 es un tratamiento con los fertilizantes necesarios para un rendimiento medio de grano de

7.500 kg ha⁻¹ y T9 fue el tratamiento con un nivel de fertilidad adecuado para alcanzar el rendimiento potencial del cultivo de 15.000 kg ha⁻¹ de grano.

Tabla 3: Dosis de fertilizante utilizados en las parcelas terciarias (Unidad experimental)

Dosis de fertilizante	N kg ha ⁻¹	P kg ha ⁻¹
T ₁	0	0
T ₂	100	0
T ₃	150	0
T ₄	0	22
T ₅	100	22
T ₆	150	22
T ₇	0	35
T ₈	100	35
T ₉	150	35

El fósforo se aplicó enterrándolo en la línea de siembra en preemergencia. En los tratamientos con nitrógeno la dosis total de urea se dividió en dos partes iguales y se aplicó en la zona central del entresurco previo a un riego para lograr su incorporación, la primera dosis en postemergencia temprana y la segunda cuando el cultivo presentó 6 hojas (V6).

La variable de respuesta que se midió fue: rendimiento de grano corregido a una humedad de 13 % en todos los casos.

Resultados y discusión

Debido a que la campaña 2005-2006 fue seca los tratamientos con riego se diferenciaron de los testigos en secano. Ese año el rendimiento con riego 100 % fue levemente superior a los 5.960 kg ha⁻¹ logrados en Villa Mercedes por Cortés y otros (2002) e inferior a 9.900 kg ha⁻¹ obtenidos en la campaña 2000-01 por Orta (2006) y 7.252 kg ha⁻¹ logrados en Río Cuarto por Puiatti (1985). Los rendimientos medios de grano en cada nivel de riego se presentan en Tabla 4.

Tabla 4: Rendimiento de grano para cada híbrido en cada nivel de riego kg ha⁻¹.

Híbrido	Riego	Rendimiento, kg ha ⁻¹
Roundup Ready	50 %	6.466
Roundup Ready	100 %	6.261
Roundup Ready	Secano	2.600

La interacción riego y fertilización no fue significativa, no se puede visualizar una tendencia que indique una respuesta a la aplicación de N o P.

En otros estudios en suelos de baja fertilidad, el cultivo de maíz ha respondido a la fertilización química bajo riego con agua salina, hasta una dosis de 250 kg ha⁻¹ de nitrógeno y 100 kg ha⁻¹ de fósforo como P₂O₅, con lo que logró un rendimiento máximo de 5.084 kg ha⁻¹ de grano (Ortiz Franco y Amado Álvarez, 2001), algo inferior al logrado en este trabajo. A partir de estas dosis los rendimientos no tuvieron diferencia o comenzaron a disminuir.

En este estudio el tratamiento de mayor producción fue 100 % de riego y fertilización T5, que corresponde al nivel nutricional medio. En Tabla 5 se presenta el rendimiento medio de los distintos tratamientos ordenados en forma decreciente.

Tabla 5: Rendimiento de grano promedio de los dos híbridos, para diferentes combinaciones de nivel de riego y dosis de fertilización, en la campaña (2005-06).

Riego	Fertilización	Rendimiento en granos, kg ha ⁻¹	Desviación estándar
100 %	5	6.950	2.197
50 %	8	6.247	2.032
100 %	9	5.817	2.274
100 %	6	5.748	2.341
100 %	3	5.537	1.633
50 %	9	5.382	2.638
50 %	5	5.377	2.086
100 %	2	5.347	878
50 %	7	5.336	2.413
100 %	8	5.116	2.159
100 %	1	4.967	2.439
100 %	7	4.779	1.450
50 %	2	4.622	1.886
50 %	4	4.614	2.070
50 %	1	4.456	2.240
100 %	4	4.336	1.582
50 %	6	4.140	2.454
50 %	3	3.890	2.313
Secano	1	2.467	2.069
Secano	3	2.248	1.938
Secano	8	2.125	1.244
Secano	6	2.120	2.309
Secano	9	1.941	1.201
Secano	5	1.903	1.569
Secano	4	1.740	1.156
Secano	7	1.718	872
Secano	2	1.158	980

En la campaña 2006-07, que se caracterizó por ser húmeda, el tratamiento con riego total (100 %) y el de secano, no tuvieron diferencias de rendimiento de grano (Tabla 6), pero el tratamiento de riego 50 % fue superior a los demás, logrando un rendimiento medio de 8.658 kg ha⁻¹ de grano. Durante su ciclo el cultivo no sufrió estrés hídrico importante.

Tabla 6: Rendimiento de grano en la campaña 2006-07, para diferentes niveles de riego.

Riego	Rendimiento kg ha ⁻¹
50 %	8.658
Secano	7.082
100 %	6.442

En Tabla 7 se presenta el rendimiento de los distintos tratamientos ordenados en forma descendente.

Tabla 7: Rendimiento de grano en la campaña 2006-07, para diferentes niveles de riego y fertilización.

Riego	Fertilización	Rendimiento kg ha ⁻¹ grano	Desviación estándar
50 %	8	11.918	4.785
50 %	5	9.907	5.321
50 %	3	9.843	4.473
50 %	1	9.145	5.750
Secano	5	8.751	5.840
50 %	7	8.429	4.548
50 %	9	8.246	4.785
Secano	6	8.137	4.034
100 %	2	7.808	4.645
Secano	2	7.740	3.782
100 %	9	7.739	3.778
100 %	3	7.540	3.426
Secano	8	7.453	5.555
50 %	6	7.330	3.152
Secano	4	7.276	4.963
Secano	1	7.225	4.579
50 %	4	7.018	4.643
100 %	6	6.708	3.858
100 %	5	6.468	4.140
Secano	9	6.359	5.851
Secano	3	6.306	4.326
50 %	2	5.968	4.320
100 %	7	5.871	4.320
100 %	1	5.855	4.858
100 %	8	4.787	3.899
Secano	7	4.494	2.488
100 %	4	4.339	2.807

Los rendimientos máximos de grano obtenidos con agua salina en este estudio 6.466 kg ha⁻¹ en la campaña 2005-06 y 8.658 kg ha⁻¹ en 2006-07 son inferiores a los máximos obtenidos en la región central con agua apta para riego. En Río Cuarto se lograron rendimientos de 13.040 kg ha⁻¹ promedio para los años de la serie 1969-94 (Salinas y otros 2004).

Otros autores que han trabajado en condiciones de salinidad llegaron a resultados comparables a los de este trabajo. En Omán, un maíz regado por aspersión sobre suelos salinos con una conductividad eléctrica de 3,9 – 4,2 dS m⁻¹ produjo un rendimiento de grano de 4.520 kg ha⁻¹ (Esechie y otros, 2004). En la Vega baja del Río Segura en España los rendimientos máximos fueron de 8.096 y 6843 kg ha⁻¹ para 2,53 y 4,32 dS m⁻¹ de conductividad eléctrica del suelo, respectivamente (Cordero Gracia y Parra Galant, 2004); en el valle medio del Ebro (España), los nuevos esquemas de irrigación están usando agua con valores de salinidad de 3 dS m⁻¹, utilizando riego por aspersión con agua de una conductividad eléctrica de 3,5 dS m⁻¹ han logrado 10.500 kg ha⁻¹ (Isla y otros, 2006) y en México regando por aspersión con agua C₃S₄, lograron 5.084 kg ha⁻¹ de grano (Ortiz

Franco y Amado Álvarez, 2001). En Italia se obtuvieron rendimientos de 3.130 y 4.430 kg ha⁻¹ regando con agua de una conductividad de 6 y 3 dS m⁻¹ respectivamente (Guelloubi y otros, 2005).

En cuanto a los efectos del agua salina sobre características físico químicas del suelo el riego con la calidad de agua usada en este estudio incrementó la conductividad eléctrica y el pH del perfil en los estratos superficiales. El incremento en la concentración salina y el PSI del suelo están directamente relacionados a la lámina de riego aplicada. Se observó que con un año de riego se incremento el PSI en el suelo y disminuyó la capacidad de infiltración básica del suelo pero no a niveles que puedan entorpecer el uso de equipos de riego por aspersión, de todas maneras este trabajo fue de corta duración por lo que esto merece seguir siendo evaluado.

Conclusiones

Durante el primer año del ensayo los tratamientos de riego fueron superiores como respuesta a un año seco, con una participación muy importante de tratamientos con riego 100 % entre los de mayor rendimiento de grano. Durante el segundo año los rendimientos más elevados se obtuvieron en tratamientos con 50 % de riego. Probablemente el riego 100 % sea excesivo en años húmedos.

En las regiones semiáridas con suelos arenosos y permeables es factible alcanzar rendimientos moderados (aproximadamente 60 % del potencial en condiciones no salinas) y estables mediante el riego por aspersión con agua salina. Lo que es de suma importancia para incrementar la producción en zonas marginales.

En este estudio la respuesta a los tratamientos de fertilización fue muy errática lo que imposibilitó concluir respecto de los mismos, de todas maneras con la calidad de agua de riego usada en este estudio se lograron rendimientos medios del orden de 7.000 – 8.000 kg ha⁻¹, siendo muy difícil obtener rendimientos potenciales. Por ello, la fertilización debe ser acorde a los rendimientos alcanzables con salinidad para no incrementar el potencial osmótico del suelo, y en consecuencia no disminuir la capacidad de almacenamiento de agua útil del suelo.

Se detectó que el riego con la calidad de agua usada en este estudio disminuye la capacidad de infiltración básica del suelo, pero esta disminución no dificultaría la utilización de riego por aspersión.

Como era previsible la concentración salina y el PSI del suelo se incrementaron en relación a la lámina de riego aplicada por lo que es fundamental optimizar la aplicación del riego para incrementar la eficiencia en el uso del agua por parte del cultivo.

Bibliografía

Ayers, R.S. y Westcot, D.W. 1987. La Calidad del Agua en la Agricultura. Estudio FAO Riego y Drenaje N° 29. Roma.

Bajwa, M.S.; Josan, A.S.; Hira, G.S. y Singh, N.T. 1986. Effect of sustained saline irrigation on soil salinity and crop yields. Irrigation Science. Vol. 7, N° 1, Abr. 1986. Pag. 27 – 35.

Báez, A. 1999. Efecto de la calidad del agua de riego sobre las propiedades del suelo. Monografía presentada como requisito para optar al grado académico de Especialista en Producción Vegetal. F.C.A. Univ. Nac. de Mar del Plata. INTA EEA Balcarce.

Beltrão, J y Asher, J. B. 1997. The effect of salinity on corn yield using the CERES – maize model. Irrigation and Drenaje System. Springer Netherlands. Vol. 11, N° 1. Feb. 1997. Pag. 15 – 28.

Bresler, E.; McNeal, B.L. and Carter, D.L. 1982. Saline and sodic soils: Principles-Dynamics-Modeling. Springer-Verlag, Berlín Heidelberg New York. 236 pp.

Censo Nacional Agropecuario. 2002. SAGPyA. Versión electrónica:
http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/programas/economia_agraria/index/censo/index.php

Cordero Gracia, J. y Parra Galant, G. 2004. Aplicación de un Sistema de Información Geográfica en el Estudio y Análisis de los Problemas Derivados de la Salinidad de las Aguas de Riego en la Vega Baja del Río Segura. Revista Internacional de Ciencias de la Tierra. Mapping interactivo. Versión digital. http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=772

Cortés, M.A.; Aguilera, M.O. y Sáenz, C.A. 2002. Efecto de Adiciones de Urea y Estiércol en la Producción de Maíz para Silaje. Revista Argentina de Producción Animal. 25° Congreso Argentino de Producción Animal. Vol. 22 – Supl. 1. PP 40. Pag. 140-142.

Dardanelli, J. 1994. Perspectivas del riego suplementario en la región semiárida de Córdoba. Seminario Nacional Situación Actual y Perspectivas de las Áreas Regadas en Argentina. INCYTH – Gobierno de Tucumán. INTA Tucumán. Argentina.

Díaz-Zorita, M. y Grove, J.H. 2001. Rotación de Cultivos en Siembra Directa y las Propiedades de Suelos en la Pampa Arenosa. Siembra Directa II. Ediciones INTA. Pag. 235-238.

Echeverría, J.C. y Kall, G.F. 1990. Las lluvias en Villa Mercedes, San Luis. Información técnica N° 113. Centro Regional La Pampa – San Luis, EEA San Luis.

Esechie, H.A.; Rodríguez, V. and Al-Asmi, H. 2004. Comparison of local and exotic maize varieties for stalk lodging components in adeseert climate. European Journal of Agronomy. Volume 21, Issue 1, June 2004, Pages 21-30.

Garay, J. A. y Colombino, M. A. 2002. Guía Técnica para los Cultivos de Maíz y Girasol bajo Condiciones de Riego en la Provincia de San Luis. Información Técnica N° 158. INTA EEA San Luis – UNSL. 17 pp.

Génova, L.J. 2006. Salinidad y sodicidad de suelos regados complementariamente en la región pampeana. Versión digital.
www.inta.gov.ar/mendoza/jornadas/Trabajospresentados/Genova.pdf

Guelloubi, R.; Hamdy, A. y Sardo, V. 2005. Maize production under supplemental irrigation with saline water in rainfed agriculture. Versión digital:
http://www.iamb.it/iamb2005/conference/proceedings_fichiers/topic5/guelloubi.pdf

Isla, R.; Aragües, R. y Royo A. 2006. Yield Response of Alfalfa and Maize Sprinkler-Irrigated with Saline Waters: Nocturnal vs. Diurnal Irrigation Effects. Versión electrónica. <http://symp2006.cu.edu.tr/osman%20tekinel/pdf/Isla%20R.pdf>

Magrin, G.O.; Travasso, M.I.; Díaz, R.A. and Rodriguez, R.O. 2005. change in climate and crop production during the 20th century in Argentina. *Climat Change*. Vol. 72. Numbers 1-2. Pg. 229-249.

Mirábile Carlos, Génova Leopoldo y Monteleone Julieta. 2007. Validación del modelo BALANSAL en suelos con riego complementario de la pampa húmeda. CONAGUA 2007. Tucumán, Argentina.

Morábito, J.A. 1997. Introducción al riego. El riego en el mundo, Argentina y Mendoza. Mendoza - Argentina. Versión digital: <http://orton.catie.ac.cr/cg-ibin/wxis.exe/?IsisScript=CAMZA.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=003608>

Orta, J. O. 2006. Aplicación del Modelo CERES-Maize como Herramienta para Evaluar Estrategias de Manejo del Cultivo de Maíz Bajo Riego y seco, en el Área de Villa Mercedes (San Luis). Tesis para optar al grado académico de Magíster en Ciencias agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Ortiz Franco, P. y Amado Álvarez, J.P. 2001. Uso del Agua de la Laguna de Bustillos para la Producción de Maíz. *TERRA Latinoamericana*, abril-junio, año/vol. 19, número 002. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. Pp. 183-189.

Prieto, D. y Angueria, C. 1996. Calidad de agua para riego. Módulo II. En: Curso a distancia de "Métodos de Riego". INTA-PROCADIS, Programa Clima y agua. 94 pp.

Salinas, A; Martellotto, E; Salas, P; Giubergia, J; Lingua, S. y Lovera, E. 2004. Resultados económicos en riego suplementario. Sistema de producción con riego suplementario en siembra directa continua del módulo demostrativo y experimentación INTA Manfredi. Proyecto Regional de Agricultura Sustentable. Boletín N° 3. I.S.S.N. 1668-2882. Abril 2004.

Salinas, A.; Martellotto, E.; Giubergia, J.P.; Salas, P.; Capuchino, V.; Pappalardo, J.; Lovera, E.; Gorgas, J. 2006. Riego suplementario en cultivos extensivos en la provincia de Córdoba situación actual. Proyecto Regional de Agricultura Sustentable e Impacto Ambiental INTA EEA Manfredi. Versión digital: <http://www.inta.gov.ar/manfredi/info/documentos/docsuelos/riegosuple1.htm>

Veneciano, J.H.; Terenti, O.A. y Federigi, M.E. 2000. Villa Mercedes (San Luis): Reseña climática del siglo XX. INTA EEA San Luis, Información Técnica N° 156.

Veneciano, J.H. y Frigerio, K.L. 2002. Macronutrientes primarios exportados por los agroecosistemas extensivos de San Luis. INTA San Luis, Inf. técnica 160.

Veneciano, J.H.; Sáenz, C.A. y Panza, A. 2005. Las Lluvias y el Cultivo de Maíz en el Centro Este de San Luis. *Avances en la Producción Vegetal y Animal del NOA*. San Miguel de Tucumán, Abril de 2005. 03 – Cultivos 08.

Wilcox, L.V.; Blair, G.Y. y Bower, C.A. 1954. Effect of bicarbonate on suitability of water for irrigation. *Soil Sciences* 77 : 259-266.