

La nutrición del cultivo de pimiento protegido con prácticas de drenaje

Cuellas, Marisol^{1,3} & Margarita M. Alconada Magliano²

¹ A.E La Plata, EEA AMBA, INTA. Ruta 36 km 44,5. La Plata; ² Edafología, Facultad de Cs Ag y Fs, UNLP. Calle 60 y 119 s/N⁰. La Plata; ³ cuellas.marisol@inta.gov.ar

Cuellas, Marisol; Margarita M. Alconada Magliano (2018) La nutrición del cultivo de pimiento protegido con prácticas de drenaje. Rev. Fac. Agron. Vol 117 (1): 117-125.

En la región del Gran La Plata el cultivo bajo cubierta plástica ocupa más de 3000 ha. En esta región los suelos más comunes son Argiudoles verticos y Hapluderts típicos, caracterizados por un drenaje deficiente debido a la alta proporción de arcilla desde superficie. La característica de los suelos, junto a la calidad del agua de riego, y al manejo intensivo, con excesivo uso de fertilizantes y enmiendas, conducen a la salinización y alcalinización con consecuencias en la sustentabilidad del sistema en términos productivos, ambientales y socio-económicos. Los drenes subsuperficiales, ubicados en el techo del horizonte Bt, son una alternativa válida en la eliminación de sales, no obstante se requiere establecer si no se constituyen en un efecto negativo en la nutrición de los cultivos. Se estudió la evolución de los nutrientes Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ , en un suelo Hapludert típico, durante tres ciclos productivos del cultivo de pimiento (*Capsicum annum L.*). Se implementaron los siguientes tratamientos: drenes de 2 diámetros (10 y 15 cm) y yeso agrícola (dosis $6,7 \text{ t ha}^{-1}$). El uso de ambos drenes produjo, junto con la disminución de la salinidad, una menor concentración de nutrientes Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ . Sin embargo, las concentraciones se mantuvieron en valores suficientes como para asegurar la adecuada nutrición del cultivo. El tratamiento con yeso no condujo a aumentos en las concentraciones de Ca^{2+} . Los drenes produjeron una mejora de algunas variables del cultivo (altura de planta, calibre del tallo). El uso de los drenes aumentó el rendimiento del cultivo, mejorando así el resultado económico.

Palabras claves: vertisoles; salinización; producción bajo cubierta; Gran La Plata; yeso.

Cuellas, Marisol; Margarita M. Alconada Magliano (2018) Nutrition of protected pepper culture with drainage practices. Rev. Fac. Agron. Vol 117 (1): 117-125.

Under protected cultivation occupies more than 3000 hectares in Gran La Plata greenbelt Vertic Argiudols and Typical Hapluderts soils are common in this region and are characterized by poor drainage due to a high proportion of clay from the surface. The soil conditions, plus irrigation water quality, and intensive management, including excessive use of fertilizers and amendments, promote salinization and alkalization with consequences on the sustainability of the system on productive, environmental and socio-economic terms. Subsurface drains, located on the roof of the Bt horizon are a valid alternative in the elimination of salts, however it is necessary to establish if they do not constitute a negative effect on the nutrition of crops. The evolution of Ca^{2+} , Mg^{2+} and K^+ nutrients in a typical Hapludert soil was studied during three productive cycles of pepper (*Capsicum annum L.*) crop. The following treatments were applied: drains of two diameters (10 and 15 cm) and agricultural gypsum (dose $6,7 \text{ t ha}^{-1}$). Both drains produced a lower concentration of nutrients Ca^{2+} , Mg^{2+} and K^+ along with the decrease in salinity. However, the nutrient concentrations were maintained at values enough to ensure adequate nutrition of the crop. Gypsum treatment did not lead to increases the Ca^{2+} concentrations. The drains produced an improvement of some crop variables (plant height, stem size). The use of drains increased crop yield, improving the economic profit.

Keywords: vertisols; salinization; greenhouses production; Gran La Plata; gypsum.

Recibido: 13/03/2017

Aceptado: 15/02/2018

Disponible on line: 10/09/2018

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

INTRODUCCIÓN

El crecimiento y desarrollo de los cultivos, su rendimiento y calidad de frutos, e indirectamente la resistencia a plagas y enfermedades, depende de una adecuada nutrición (Cadahia, 1998). En los cultivos intensivos en los que el órgano de valor comercial es el fruto, tal como en el pimiento (*Capsicum annuum* L.), adquiere particular importancia no sólo el rendimiento, sino también la calidad del fruto producido. Este cultivo es susceptible a las deficiencias inducidas debidas a desbalances en el aporte de nutrientes a través de la fertilización (May & Pritts, 1990; Letard et al., 1995; Nuez et al., 1996). Específicamente para el cultivo de pimiento se estima que para obtener un rendimiento de aproximadamente 100 t ha⁻¹ de fruto, se necesitan en promedio 293 kg de N, 76 kg de P₂O₅, 460 kg de K₂O, 121 kg de Ca, y 63 kg de Mg (Nuez et al., 1996).

Los suelos del Gran La Plata destinados a la producción hortícola son clasificados como *Hapludert típico* (Serie Gorina) y *Argiudol vértico* (Series Estancia Chica y Seguí) (Hurtado et al., 2006). En su condición natural, presentan un fuerte desarrollo, con un horizonte A bien provisto en materia orgánica (>5%), pH ligeramente ácido y adecuada concentración de cationes (principalmente Ca²⁺ concentraciones 16,9 cmol kg⁻¹ en los *Argiudoles* y 8,3 cmol kg⁻¹ en los *Hapludert*), sin salinidad ni alcalinidad, presentando como única limitante química un bajo contenido de fósforo asimilable (<10 mg kg⁻¹). La permeabilidad de estos suelos es moderadamente baja a baja, debido al alto contenido de arcillas desde superficie (30-40%), que se incrementa en el Bt subyacente (50-65%), con una proporción de arcillas de tipo expansivas (montmorillonitas) suficiente como para desarrollar rasgos vérticos (expansión y contracción generan grietas y slickensides) (Imbellone et al., 2010). Esta propiedad es la que efectivamente condiciona el manejo y determina la magnitud de las degradaciones edáficas que se producen ante prácticas intensivas de uso: laboreo excesivo, elevada aplicación de agroquímicos, abonos orgánicos, y fertilizantes. Asimismo, incide en dichas degradaciones el manejo y calidad de agua, siendo las que prevalecen en la región de tipo bicarbonatadas sódicas (Alconada & Zembo, 2000).

Se produce así, en tiempos variables, procesos de salinización, alcalinización, y deterioro de la estructura con disminución de la permeabilidad, favoreciendo encharcamientos, desarrollo de plagas y enfermedades, que se asocian a disminuciones del rendimiento (González & Amma, 1976; Mendía, 1981; Alconada & Huergo, 1998). La situación planteada se intenta revertir incrementando la aplicación de enmiendas orgánicas e inorgánicas. Sin embargo, estas prácticas generan hiperfertilizaciones, que incrementan la salinidad y favorecen la ocurrencia de desórdenes fisiológicos (deficiencias nutritivas inducidas), aumento de costos, disminución de la calidad de los productos de cosecha y contaminación del ambiente (Auge & Nagy, 1999; Alconada et al., 2000; Giuffré et al., 2004). En la región estudiada, se ha observado el desorden fisiológico conocido como "*blossom end rot*", que se manifiesta con una necrosis en la zona apical de los frutos y es producida por una deficiencia de Ca²⁺. Son

diversas las causas por las cuales puede generarse dicha deficiencia y se observan aún cuando en los suelos las concentraciones de Ca²⁺ son elevadas, tal como ocurre en los suelos estudiados (Hurtado et al., 2006) e incluso cuando se fertilizan en forma continua, generando en la solución concentraciones de Ca²⁺ de hasta 54 me l⁻¹ (Alconada et al., 2006), siendo en general necesario para una adecuada nutrición de 1 a 2 me l⁻¹ (Cuellas & Alconada, 2010). Entre las causas se mencionan antagonismos y/o competencias nutritivas por elevada concentración de K⁺, Na⁺, Mg²⁺, NH₄⁺ a través del fertirriego o por déficit hídricos asociados a la alta salinidad y/o alta humedad relativa (Cadahia, 1998; Suarce, 2001; De Pascale et al., 2003; del Amor & Marcellis, 2006). Vázquez (2012), a fin de contrarrestar las deficiencias comentadas en la región, indica aplicaciones foliares de Ca²⁺ en dosis 10 veces superior a los requerimientos de los cultivos, sin tener en consideración el origen de los desórdenes fisiológicos observados ni posibles acciones que lo reviertan, por lo cual con estas prácticas no sólo se agudizan los problemas planteados, sino que se produce un aumento de los costos y se favorece la contaminación.

Respecto a salinización y alcalinización medida en los suelos de la región se han encontrado valores de CE de hasta 50 dS m⁻¹ en los primeros centímetros del suelo, con más de 25 me l⁻¹ de Na⁺ y 25 de RAS (Alconada & Huergo, 1998), que son suficientemente elevados como para disminuir la absorción de K⁺, Mg²⁺ y Ca²⁺ (Mengel & Kirkby, 2000), y consecuentemente conducir a los antagonismos o inhibiciones iónicas mencionadas como frecuentes en sistemas intensivos hortícolas (Alpi & Tognoni, 1991; Cadahía, 1998) y/o por toxicidad específica del ión Na⁺ sobre los cultivos, tal como se indica al definir la calidad del agua para riego (Porta et al., 1994). Marschner (1995) menciona que un elevado contenido de Na⁺, puede inducir a deficiencias de otros cationes como al K⁺ y asociado a esto, a alteraciones en el funcionamiento de las células estomáticas, con disminución de la fijación neta de CO₂ por unidad de área, menor fotosíntesis y crecimiento de la planta. Es de destacar también una menor producción de biomasa al alterarse las funciones metabólicas del cultivo por menor absorción de agua debida a la salinidad, conocido como "sequía fisiológica" (Porta et al., 1994; Nuez et al., 1996). Específicamente en el cultivo de pimiento, Al-Karaki et al. (2009) encuentran disminución en el número, tamaño y peso de los frutos con mayor salinidad.

Asimismo, debido a la sodificación alcanzada, la permeabilidad disminuye, el agua se acumula sobre el horizonte Bt y se promueve el desarrollo de un horizonte E de degradación en la base del horizonte A, tal como ha sido observado en el suelo *Hapludert típico* estudiado (Alconada et al., 2000). Por lo expuesto, se requiere mejorar las relaciones iónicas edáficas a fin de asegurar una adecuada nutrición, y asegurar una buena permeabilidad, mediante el reemplazo del Na⁺ por el Ca²⁺ intercambiable (Kovda, 1965; Pla Sentís, 1993).

Las prácticas de manejo recomendadas para mejorar el drenaje y disminuir la salinidad-alcalinidad incluyen drenes, enmiendas cálcicas y abonos orgánicos, en general. Sin embargo, los resultados son muy variables dependiendo de las relaciones suelo-agua-sistema productivo y del origen de dicha salinidad-alcalinidad

(FAO, 1971; Pizarro, 1978; Luthin, 1990). En las publicaciones mencionadas, los drenes se utilizan para abatir una superficie freática, no siendo el caso del presente estudio en el cual se busca aumentar la profundidad de enraizamiento, evitar la acumulación subsuperficial de agua, y posibilitar el lavado de sales, tal como efectivamente se ha demostrado se produce (Alconada et al., 2000; Cuellas, 2015). Es dable suponer que adicionalmente pueda ocurrir una pérdida de elementos esenciales para el cultivo, generando deficiencias absolutas de algunos de ellos y/o por desbalances en las relaciones iónicas, tales como las mencionadas en Ca^{+2} . Asimismo, en cultivos de fruto, el K^+ adquiere particular importancia en las etapas reproductivas, indicándose también relaciones antagónicas o inhibitorias entre K^+ y el Mg^{+2} , así como entre este último y el Ca^{+2} (Alpi & Tognoni, 1991; Malavolta et al., 1989). El presente trabajo tuvo como objetivo analizar la evolución de los cationes solubles de un suelo *Hapludert típico*, con cultivo de pimiento protegido, comparando drenes subsuperficiales de dos diámetros respecto a la aplicación de enmienda cálcica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y características del cultivo.

El estudio se realizó en un invernáculo (460 m²) de un establecimiento productivo de la zona hortícola del Gran La Plata, provincia de Buenos Aires, durante tres ciclos productivos de pimiento (*Capsicum annum* L.). Cada ciclo de cultivo se extendió de enero a junio en los tres años de estudio (2009 al 2011). El manejo implementado fue el tradicional, conforme recomendaciones frecuentes para la región: densidad de plantación 20.000 plantas ha⁻¹, fertirriego con riego por goteo (20 cm entre goteros) con dos mangueras de riego por lomo, lámina de riego promedio de 100-200 cc por día cada gotero. La fertilización se realizó (siguiendo la práctica del productor) aplicando por ciclo de cultivo: 360 kg ha⁻¹ de nitrato de calcio, 540 kg ha⁻¹ de nitrato de potasio y 240 l ha⁻¹ de ácido fosfórico, y abonos orgánicos de cama de pollo, en dosis de 40 t ha⁻¹.

Tratamientos ensayados

Se compararon tres tratamientos T1, T2, T3, respecto un testigo (T4). Los tratamientos evaluados fueron: T1= dren corrugado de PVC de 10 cm de diámetro; T2=dren corrugado de PVC de 15 cm de diámetro y T3 =enmienda cálcica (yeso) con una de dosis 6,7 t ha⁻¹ (calculada a partir de la cantidad de Na^+ intercambiable a reemplazar). Se realizaron 6 repeticiones por tratamiento y testigo.

Los drenes se instalaron en una zanja de 0,4 m de ancho realizada sobre el techo del horizonte Bt, de 30 m de longitud y con pendiente del 0,3%. La profundidad resultante para esta pendiente fue de 0,50 m y 0,59 m, para un extremo y otro del dren. La distancia entre drenes fue de 5 m (entre T1 y T2), debido a que en trabajos previos se obtuvo que distanciamientos de 3 m resultaban muy próximos (Alconada et al., 2000). Los drenes presentaban orificios de 3-4 mm distribuidos en forma helicoidal, por lo cual se utilizó como material filtrante piedra granítica de 1-2 cm de diámetro, que los rodeaban en un espesor de 5 cm. Una vez instalados

los drenes, se cubrió con tierra del horizonte A hasta nivel del suelo, desechando la extraída del Bt.

El yeso se aplicó en los ciclos 2009 y 2011, para eso se distribuyó al voleo una dosis de 6,7 t ha⁻¹ cada año, y se incorporó mediante una rotativa.

Luego de instalados los tratamientos, se prepararon los lomos de plantación conforme se realiza en estos sistemas productivos.

Diseño estadístico

El diseño experimental fue un arreglo factorial completamente al azar con 6 repeticiones, con 2 factores: 3 años y 4 tratamientos (tratamientos drenes, yeso, y testigo). Como no se observó interacción significativa (P 0,05 y 0,01) entre los factores se aplicó un diseño completamente al azar, para comparar fechas de evaluación y el efecto de los tratamientos. Se analizaron los resultados por ANVA según diseño experimental, con prueba de F y test unilateral (P 0,05 y 0,01), comparación de tratamientos por test de Duncan, y correlaciones lineales entre variables. Se utilizó el programa InfoStat (InfoStat, 2002).

Estudios en suelo

En diciembre del 2008, previo a los tratamientos se realizó un muestreo (F0) compuesto en cada uno de los sectores en los que se instalaron los tratamientos y el testigo (total 4 muestras compuestas a dos profundidades).

Luego de instalados los tratamientos, se efectuaron 4 muestreos por ciclo, durante las tres campañas de evaluación: previo al trasplante (AI), en estado vegetativo (EV), en estado reproductivo (ER) y al final del ciclo (FC), resultando las siguientes fechas de muestreo: F1 (Marzo 2009, EV), F2 (Junio 2009, ER), F3 (Agosto 2009, FC), F4 (Enero 2010, AI), F5 (Marzo 2010, EV), F6 (Junio 2010, ER), F7 (Agosto 2010, FC), F8 (Enero 2011, AI), F9 (Marzo 2011, EV), F10 (Junio 2011, ER), F11 (Agosto 2011 FC).

Los muestreos fueron compuestos (cada muestra conformada por 4 submuestras) para las 6 repeticiones por tratamiento y testigo. En todos los casos la profundidad de muestreo fue 0-20 cm y 20-40 cm.

Sobre todas las muestras de suelo extraídas en los 3 ciclos de cultivo (total 240 muestras), se determinaron en el extracto a saturación los cationes solubles (Ca^{2+} , Mg^{2+} , y Na^+), y el K^+ sólo se determinó en las fechas de desarrollo del cultivo (marzo y junio) (total 144 muestras), según procedimientos estándares de evaluación (Page et al., 1982).

Estudios en el cultivo

En F1, F5 y F9, se midieron las siguientes variables: altura de planta (HP), calibre del tallo (CT) y estimación del área foliar (largo y ancho de la primera hoja totalmente expandida) (AF). Se evaluaron 6 plantas por cada repetición de los tratamientos y el testigo. Al finalizar cada ciclo del cultivo se midió peso fresco (PF) de las plantas y se evaluó el rendimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calcio

En la Tabla 1 se presenta la evolución del Ca^{2+} , durante el periodo 2009-2011 para los tratamientos y el testigo, a 0-20 y 20-40 cm de profundidad. Se observa, en el 2009 que el testigo (T4), para ambas profundidades,

presentó una mayor concentración cálcica respecto de los tratamientos (P 0,05), con valores entre 27,8 y 12,6 me l⁻¹ en F1 (EV) y F2 (ER), respectivamente. Estas concentraciones fueron menores a las obtenidas en otros estudios de la región con sistemas intensivos protegidos y suelo *Hapludert típico* (aproximadamente 54 me l⁻¹) (Alconada et al., 2006). Hacia el final del ciclo del primer año de estudio (F3), si bien el T4 continuó diferenciándose significativamente de los tratamientos (P 0,05), en todos los sitios estudiados se observó un descenso significativo respecto de F0 (P 0,05) (concentraciones entre 2 y 4 me l⁻¹). Consecuentemente, se aprecia que aún con la aplicación de yeso en el T3 previo a la plantación, no condujo a mayores concentraciones de Ca²⁺ soluble, por el contrario el testigo, fue el sitio con mayor concentración (Tabla 1). Esta elevada variabilidad en los nutrientes edáficos, es lo que caracteriza a los suelos con propiedades vérticas de la región estudiada (Alconada et al., 2002).

Durante el 2010, en superficie (0-20 cm), las concentraciones de Ca²⁺ fueron similares entre tratamientos y fechas de muestreo, sin diferencia entre sí. El testigo, al igual que en el 2009, se diferenció significativamente (P 0,05) con mayor concentración (12,4 me l⁻¹) en F5 de todos los tratamientos y en F6 (7,8 me l⁻¹) de los T2 y T3, no obstante las mismas fueron menores a las reportadas en el 2009. Subsuperficialmente (20-40 cm), no hubo diferencia entre sitios, excepto que en F5 (EV) el testigo se diferenció (P 0,05) de los tratamientos con drenes (Tabla 1).

Respecto al tercer ciclo del cultivo de pimiento (año 2011), las diferencias a favor del testigo desaparecieron

en ambas profundidades, y sólo el tratamiento donde nuevamente se aplicó yeso (T3), se diferenció significativamente del resto (P 0,05). No obstante, esta diferencia desapareció hacia el final del cultivo (F 11). Asimismo, en esta fecha, en todos los tratamientos, se produjo un descenso de Ca²⁺, incluido el tratamiento con yeso.

La correlación entre las concentraciones de Ca²⁺ de las dos profundidades estudiadas en los tratamientos con drenes, resultó significativa en el T1 (r 0,56; P 0,05) y muy significativa en el T2 (r 0,95; P 0,01). Asimismo, en estos tratamientos, exceptuando algún valor extremo que se produjo en superficie (Tabla 1), en general entre profundidades las concentraciones fueron próximas entre sí. Por su parte, en el tratamiento con yeso (T3), si bien también la correlación entre profundidades fue significativa (r 0,75; P 0,05), en general se midieron mayores concentración de Ca²⁺ en superficie.

Se aprecia entonces, que en los tratamientos con drenes, se produjo una mayor profundidad tal como se procuraba obtener al instalar drenes. Esto es particularmente beneficioso en el caso del Ca²⁺ ya que se moviliza principalmente por flujo masal (transpiración de las plantas), y en menor medida por intercepción radicular (Tisdale et al., 1993). Por el contrario, en el T3 (yeso), el Ca²⁺ se mantuvo en superficie, lo que supone que no se produjo una mejora en el movimiento de agua entre ambas profundidades.

No obstante las diferencias mencionadas es de destacar que en todos los casos, sitios y fechas de muestreo, los niveles de Ca²⁺ fueron superiores a 1 me l⁻¹, exceptuando al final del ciclo en F11 (0,8 me l⁻¹).

Tabla 1. Evolución del Ca²⁺ (me l⁻¹) superficial (0-20 cm) y subsuperficial (20-40 cm). Tratamientos y testigo, periodo 2009-2011. Letras mayúsculas iguales entre tratamientos no difieren entre sí (P 0,05; P 0,01). Letras minúsculas iguales entre fechas no difieren entre sí (P 0,05; P 0,01). T1: Tratamiento dren 10 cm, T2: Tratamiento dren 15 cm, T3: Tratamiento con yeso, T4: Tratamiento testigo, CV: Coeficiente de variabilidad.

	Ca ²⁺ (me l ⁻¹)									
	T1	T2	T3	T4	cv	T1	T2	T3	T4	cv
	Superficial					Subsuperficial				
	2009									
F0	14,0 a	9,0 a	7,59 a	2,5 a		3,1 ab	6,4 a	2,2 ab	1,7 a	
F1	4,4 bA	6,5 bcB	6,8 aA	27,8 bB	32,4	4,2 bAB	6,1 aBC	2,5 bA	7,1 bcC	32,1
F2	8,8 cA	3,8 cB	4,0 bB	12,6 cC	23,8	2,7 aA	4,6 aA	2,5 bA	10,4 cB	61,7
F3	2,4 dA	2,4 dA	2,1 cA	4,6 aB	36,7	2,9 aB	2,4 bAB	1,5 aA	4,1 abC	35,0
cv	15,8	13,0	29,2	41,4		30,0	36,9	27,7	52,7	
	Superficial					Subsuperficial				
	2010									
F4	2,8	5,3	4,7	6,4		1,4	2,9	3,2	5,0	
F5	4,7 aA	2,4 aA	5,9 aA	12,4 aB	51,3	2,2 aA	2,5 aA	2,8 aAB	4,5 aB	52,8
F6	4,0 aAB	3,4 aA	3,5 aA	7,8 aB	66,7	3,2 aA	2,5 aA	2,5 aA	3,0 aA	46,9
F7	1,1	1,3	1,3	1,9		1,1	1,1	1,1	1,3	
cv	51,1	33,1	60,7	55,1		39,1	54,0	45,3	53,9	
	Superficial					Subsuperficial				
	2011									
F8	2,4	1,2	8	5,2		1,5	1,5	2,8	2,3	
F9	1,6 aA	1,5 aA	4,8 aB	1,3 aA	97,1	1,1 abA	1,3 aA	2,1 aA	1,8 aA	81,5
F10	1,6 aA	1,5 aA	2,6 aB	1,2 aA	32,2	1,6 aA	1,6 aA	1,5 abA	1,5 aA	34,5
F11	0,8 b	1,1 ab	1,4 a	1,4 a		0,8 b	1,1 a	0,8 ab	1,7 a	
cv	30,8	31,3	87,1	51,1		38,3	35,9	45,5	68,3	

Esta concentración se considera, en general suficiente para el crecimiento de cultivos intensivos (aproximadamente entre 1-2 me l⁻¹) (Cuellas & Alconada, 2010).

Como se indicó en materiales y métodos, se fertilizó con Ca(NO₃)₂, aportando 100 kg ha⁻¹ CaO por ciclo, siendo según la bibliografía requerido en promedio 121 kg ha⁻¹ para producir 100 t ha⁻¹ (Nuez et al., 1996). Tal como se analiza en el punto siguiente, el rendimiento del cultivo en los tratamientos con drenes fue de 103 t ha⁻¹ y menor para el yeso y testigo. Consecuentemente, el aporte de Ca²⁺ por la fertilización resultaría adecuado para una dosis de mantenimiento.

Magnesio

En la Tabla 2 se presenta la evolución del Mg²⁺ en los tratamientos y el testigo, a 0-20 y 20-40 cm, durante el período 2009-2011. Se observa, en superficie que sólo hubo diferencia significativa (P 0,05) entre sitios durante los ciclos 2009 y 2011. Así, en todas las fechas de evaluación durante 2009 el testigo (T4) con mayor concentración se diferenció de los tratamientos y en 2011 (F9) se diferenció el T3 (yeso) con mayor concentración respecto del resto de los sitios. En general, al igual que con el Ca²⁺, hacia el final del estudio se produjo un descenso de concentraciones, alcanzando niveles menores a 1 me l⁻¹ (Tabla 2). No obstante, estos valores no condujeron a situaciones de deficiencia en el cultivo y se consideran suficientes (Cadahia, 1998). Cabe mencionar, que en condiciones de fertilización continua en suelos *Hapludert típico* en producción de la región las concentraciones de Mg²⁺ en

la solución edáfica, en general superan los 2 me l⁻¹ hasta máximos de 13 me l⁻¹ (Alconada et al., 2006).

A la profundidad de 20-40 cm las concentraciones fueron menores en todas las fechas y sitios respecto a las obtenidas en superficie. En el 2009, al igual que lo sucedido en superficie, el testigo con mayor concentración se diferenció significativamente (P 0,05) de los tratamientos. Esta mayor concentración en T4 se observa hasta F5 del 2010. Durante el 2011 sólo el T3 en F9 presentó mayor concentración con diferencia significativa (P 0,05).

La correlación entre ambas profundidades, con excepción del T1, fue significativa en todos los sitios (entre r 0,53-0,74; P 0,05). A diferencia de lo sucedido con el Ca²⁺ la distribución fue más homogénea en todo el perfil del suelo en todos los casos, lo cual se asocia a la fertilización y enmienda que se realiza con Ca²⁺.

Potasio

En la Tabla 3 se presenta la evolución del K⁺ en las dos profundidades de muestreo para los tratamientos y el testigo durante el periodo 2009-2011. A 0-20 cm, en el 2009 solo el T1 en F2, con mayor concentración, se diferenció (P 0,05) del resto de los sitios. Durante el 2010 este tratamiento, también con mayor concentración, se diferenció (P 0,05) del T2 y T4. Durante estos dos ciclos de evaluación, no se observó a mayor profundidad (20-40 cm) diferencia significativa entre sitios. Por el contrario, en el 2011 (F10) en superficie, el T4 presentó mayor concentración diferenciándose significativamente (P 0,05) de los T1 y T3.

Tabla 2. Evolución del Mg²⁺ (me l⁻¹) superficial (0-20 cm) y subsuperficial (20-40 cm). Tratamientos y testigo, periodo 2009-2011. Letras mayúsculas iguales entre tratamientos no difieren entre sí (P 0,05; P 0,01). Letras minúsculas iguales entre fechas no difieren entre sí (P 0,05; P 0,01). T1: Tratamiento dren 10 cm, T2: Tratamiento dren 15 cm, T3: Tratamiento con yeso, T4: Tratamiento testigo CV: Coeficiente de variabilidad.

	Mg ²⁺ (me l ⁻¹)									
	T1	T2	T3	T4	cv	T1	T2	T3	T4	cv
	Superficial					Subsuperficial				
	2009									
F0	4,4 b	2,5 a	2,2 bc	1,4 a		0,6 a	1,4 a	0,9 ab	0,8 a	
F1	1,4 aA	1,8 bA	2,7 cB	4,0 cC	26,9	1,4 cB	1,3 aA	1,0 bA	2,3 bcB	34,8
F2	1,4 aA	1,5 bA	1,6 bA	3,1 bB	28,7	0,7 abA	1,3 aB	0,7 abA	2,6 cC	35,2
F3	1,3 aA	0,8 cA	0,7 aA	2,6 bB	54,7	0,9 bA	0,8 bA	0,6 aA	1,4 abB	31,5
cv	19,4	18,5	36,6	30,2		24,1	15,9	25,3	38,7	
	Superficial					Subsuperficial				
	2010									
F4	0,8	1,5	1,8	2		0,8	1,5	1,5	2,2	
F5	1,7 aA	0,7 aA	1,6 aA	1,8 aA	75,0	0,8 aA	0,9 aA	0,9 aA	1,8 aB	56,1
F6	1,5 aA	0,9 aA	1,0 aA	1,8 aA	56,4	1,0 aB	0,7 aAB	0,6 bA	0,9 bAB	39,3
F7	0,8	0,5	0,3	0,8		0,3	0,5	0,5	1,1	
cv	55,7	18,7	69,9	73,5		53,9	58,3	21,8	51,5	
	Superficial					Subsuperficial				
	2011									
F8	1,1	2,2	1,6	0,9		0,9	0,4	0,9	0,9	
F9	0,6 aA	0,5 aB	1,2 aB	0,5 aAB	66,0	0,5 aA	0,5 aA	0,8 aB	0,4 aA	29,1
F10	0,7 aA	0,6 aA	0,6 aA	0,5 aA	23,7	0,7 aA	0,6 bA	0,6 aA	0,7 bA	26,4
F11	0,8 b	1,1 ab	1,4 a	1,4 a		0,6 b	0,5 a	0,7 a	0,6 ab	
cv	18,0	25,2	64,7	24,3		23,3	12,4	14,0	32,0	

Tabla 3. Evolución del K^+ ($me\ l^{-1}$) soluble superficial (0-20cm) y subsuperficial (20-40cm). Tratamientos y testigo, periodo 2009-2011. Letras mayúsculas iguales entre tratamientos no difieren entre sí ($P\ 0,05$; $P\ 0,01$). T1: Tratamiento dren 10 cm, T2: Tratamiento dren 15 cm, T3: Tratamiento con yeso, T4: Tratamiento testigo CV: Coeficiente de variabilidad.

	K^+ ($me\ l^{-1}$)									
	T1	T2	T3	T4	cv	T1	T2	T3	T4	cv
	Superficial					Subsuperficial				
	2009									
F1	0,7 A	0,8 A	0,9 A	0,8 A	44,7	0,5 A	0,4 A	0,5 A	0,6 A	41,1
F2	1,6 B	0,8 A	0,7 A	0,7 A	40,8	0,4 A	0,4 A	0,5 A	0,4 A	67,5
	Superficial					Subsuperficial				
	2010									
F5	0,8 A	0,6 A	0,6 A	0,4 A	66,9	0,4 A	0,3 A	0,4 A	0,8 B	64,0
F6	1,1 A	0,6 B	0,9 AB	0,5 B	49,8	0,6 A	0,3 A	0,8 A	0,7 A	75,5
	Superficial					Subsuperficial				
	2011									
F9	0,4 A	0,4 A	0,5 A	0,3 A	39,4	0,4 A	0,5 A	0,3 A	0,2 A	80,2
F10	0,3 A	0,5 AB	0,3 A	0,7 B	61,9	0,8 AB	1,3 B	0,4 A	0,8 AB	96,8

A mayor profundidad (20-40 cm) el T3 con menor concentración se diferenció ($P\ 0,05$) del T2. Si bien en ningún caso superó una concentración de $1,6\ me\ l^{-1}$, las concentraciones medidas resultaron en el mismo orden de magnitud que lo medido en la región de estudio, entre $0,7$ y $3\ me\ l^{-1}$ (Alconada et al., 2006), y se corresponde con las concentraciones de K^+ soluble vinculadas a un contenido de K^+ intercambiable, que es frecuente medir en suelos con elevada proporción de arcillas de la pradera pampeana (Andreoli & Peinemman, 1984). Cabe destacar que a diferencia de lo señalado para Mg^{2+} y Ca^{2+} , no hubo correlación significativa entre profundidades.

Tal como se indicó en materiales y métodos, en el fertirriego del presente estudio se aportaron en cada ciclo productivo $230\ kg\ ha^{-1}$ de K^+ como KNO_3 , y si bien considerando el criterio de extracción (dosis de mantenimiento) resultaría insuficiente, dado que para una producción de $100\ t\ ha^{-1}$ de pimiento el cultivo requiere $460\ kg\ ha^{-1}$ de K^+ (Nuez et al., 1996), se evidencia que el suelo en todos los casos asegura una adecuada nutrición, y se corresponde con lo mencionado precedentemente respecto a la relación entre K soluble e intercambiable (Andreoli & Peinenman, 1984).

Interacción entre nutrientes

Tal como se comentó en la introducción, no solo los valores absolutos de Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ son importantes para asegurar la nutrición de los cultivos, sino que también, a fin de evitar deficiencias nutritivas, se requiere una adecuada relación entre los elementos, siendo algunas relaciones de particular importancia (Alpi & Tognoni, 1991; Malavolta et al., 1989; Mengel & Kirkby, 2000). Es importante considerar que la interacción entre el Ca^{2+} y el Mg^{2+} es de tipo no competitiva, ya que la presencia de uno de los cationes inhibe la del otro y competitiva entre el Mg^{2+} y el K^+ , debido a que ambos poseen igual transportador (Malavolta et al., 1989). Asimismo, la relación Ca/K , presenta importancia en la nutrición de los cultivos, ya que la tasa de absorción del Ca^{2+} es menor que la de K^+ , por una absorción diferencial de dichos cationes; el Ca^{2+} es absorbido por las células más jóvenes de la raíz, mientras que el K^+ por todas (Mengel & Kirkby,

2000). Asimismo, el K^+ tiene mayor movilidad dentro de la planta respecto al Ca^{2+} (Malavolta et al., 1989). Consecuentemente, niveles elevados de K^+ pueden afectar la suficiencia de Ca^{2+} en los frutos y aumentar la proporción de "blossom end rot" (Bar-Tal & Pressman 1996; Taylor et al., 2004; Rubio et al., 2009).

En el presente estudio se analizaron las relaciones Ca/Mg , Ca/K y Mg/K . Es de destacar, que las relaciones que la bibliografía indica como adecuadas, tal como se mencionan en párrafos siguientes, en general hacen referencia a relaciones catiónicas intercambiables presentes en las superficies de intercambio de los coloides (solución interna edáfica). Sin embargo, la liberación de nutrientes Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ , de la solución interna (intercambiables) a la solución externa (solubles) se produce, en términos generales, como un intercambio dinámico semejante. Consecuentemente, dichas relaciones son consideradas en el presente estudio.

Respecto a la relación Ca/Mg es adecuada cuando se encuentra entre 1 y 10, produciéndose una deficiencia de Ca^{2+} si la relación es <1 , y deficiencia de Mg^{2+} si es >10 (Havlin et al., 1999). Los tratamientos presentaron, en general, relaciones entre 3 a 6 y algo mayor fue para el testigo (4 a 8). Las mayores relaciones Ca/Mg en el T4 se asocia a las concentraciones extremas de Ca^{2+} que se presentaron en algunas fechas ($27,8$ y $12,6\ me\ l^{-1}$, F1 y F2 respectivamente).

La relación Ca/K , se considera óptima cuando es próxima a 6, y muy elevada y conducente a deficiencias de K^+ cuando dicha relación supera un valor de 25 (Estrada, 2001). En los tratamientos con drenes, la relación estuvo comprendida entre valores de 4 y 9, destacándose que ambos cationes se correlacionaron significativamente ($r > 0,7$; $P\ 0,05$). En el tratamiento con yeso (T3), la relación Ca/K estuvo comprendida entre 6 y 16, y sólo se correlacionaron en el 2009. En el testigo, el rango fue más amplio de 3 a 39, pudiendo presentarse en este sitio deficiencia de K^+ hacia el final del ensayo. Se destaca que no hubo correlación entre los cationes en el testigo, y esto puede deberse al elevado contenido de Ca^{2+} que presento en algunas fechas.

La relación entre el Mg^{2+} y el K^+ se debe encontrar entre 2,5 y 5, si es menor a 2,5 habrá deficiencia de

Mg²⁺ y si es mayor a 5 de K⁺ (Havlin et al., 1999). Estrada (2001) establece como ideal una relación Mg/K de 3. Durante el 2009, los tratamientos presentaron una relación con valores próximos a 3, mientras que en el testigo fue algo mayor a 6, indicando entonces un exceso de Mg²⁺ respecto al K⁺. En el año 2010, las relaciones de estos cationes en todos los tratamientos y en el testigo, descendieron a valores de 0,4-0,8, aumentando en el 2011 a relaciones de 1,4-3,7. Consecuentemente, durante el ciclo 2010, pudo haberse producido deficiencias de Mg²⁺, sin embargo no se observó en el cultivo síntomas visuales de la misma. Esto muy posiblemente se deba a que, tal como se mencionó anteriormente (punto Mg²⁺), las concentraciones de este catión fueron suficientemente altas como para asegurar la adecuada nutrición, y/o el mecanismo de desorción desde la superficie de intercambio posibilitó la adecuada provisión.

En base a lo expuesto, con pocas excepciones, las relaciones catiónicas analizadas (concentraciones relativas) se presentaron en valores que posibilitarían una adecuada nutrición de los cultivos.

Evaluación y rendimiento del cultivo

En la Tabla 4 se presentan los valores correspondientes a altura de planta (HP), calibre del tallo (CT), estimación del área foliar (AF), peso fresco (PF) y rendimiento (Rend) del cultivo, en los tres ciclos evaluados. Las diferencias entre tratamientos y el testigo (T4) se registraron desde el primer año en que se inició el ensayo. Así en el 2009, se observaron diferencias significativas (P 0,05) con un mejor desarrollo de los tratamientos respecto al testigo en todas las variables analizadas. El T1 con mayores valores en HP, CT y AF, se diferenció (P 0,05) del T2 y T3. La elevada salinidad y alcalinidad registrada en el testigo (T4) en F1 y F2 es la causa más probable de las peores condiciones del cultivo respecto a los

tratamientos. Así, la salinidad promedio fue 9,8 y 7,5 dS m⁻¹ para F1 y F2, respectivamente y la concentración promedio de Na⁺ de 65 me l⁻¹ para ambas fechas. Esto se corresponde con los autores mencionados en la introducción respecto al efecto perjudicial del Na⁺ en la absorción de otros cationes (Alpi & Tognoni, 1991; Marschner, 1995; Cadahía, 1998; Mengel & Kirkby, 2000) y/o por toxicidad específica del ión Na en el cultivo (Porta et al., 1994), así como, por la disminución de biomasa debida a la “sequia fisiológica” que se produce cuando el elevado contenido de sales disminuye la absorción de agua al generar una elevada presión osmótica en la solución edáfica (Porta et al., 1994; Nuez et al., 1996). Respecto al PF (peso fresco) de las plantas, los tratamientos con drenes con mayor valor se diferenciaron (P 0,05) del T4 y del T3 (Tabla 4).

En el ciclo siguiente (2010), las diferencias a favor de los drenes respecto al T4 (P 0,05) se mantuvieron, destacándose la mayor HP y CT. El tratamiento (T3) con yeso, no se diferenció del testigo, y sólo en CT se diferenció de los drenes. El PF de las plantas del T2 resultó significativamente mayor (P 0,05) que el resto de los tratamientos y el testigo (Tabla 4). Igualmente, en el tercer año de estudio (2011), las parcelas con drenes continuaron presentando un mejor desarrollo en el cultivo y un mayor peso fresco (PF). Se destaca que el T3 (yeso) en ningún caso se diferenció del testigo.

En el primer año (2009) de instalado el ensayo, los rendimientos del cultivo fueron mayores en los tratamientos con drenes, con diferencia significativa (P 0,05) respecto del T3 y T4 (Tabla 4). Así en los T1 y T2 los rendimientos fueron superiores a 100 t ha⁻¹ mientras que en los T3 y el T4 fueron relativamente bajos para estos suelos y sistema productivo (T3, 76 t ha⁻¹ y T4, 62 t ha⁻¹). Al igual que lo mencionado precedentemente respecto a las variables de evaluación del cultivo consideradas, las diferencias en rendimiento tienen su probable origen en la elevada salinidad.

Tabla 4. Altura de planta, calibre de tallo, estimación del área foliar, peso fresco y rendimiento del cultivo, en los tres ciclos evaluados (2009-2011), para los tratamientos y el testigo. Letras mayúsculas iguales entre tratamientos no difieren entre sí (P 0,05) HP (Altura planta), CT (calibre tallo), AF (área foliar), PF (peso fresco), Rend (rendimiento).

	HP (cm)		CV		CT (cm)		CV		AF (cm ²)		CV		PF (g)		CV		Rend. (t.ha ⁻¹)		CV		
2009																					
T1	122,5	A	3,9	0,61	A	2,7	135,6	A	6,1	654,4	A	16,1	103,0	A	5,9						
T2	114,8	B		0,54	B		118,0	B		609,0	A		104,0	A							
T3	113,1	B		0,52	B		113,1	B		455,3	B		76,0	B							
T4	99,5	C		0,46	C		97,7	C		409,0	B		62,0	C							
2010																					
T1	145,1	C	6,6	0,45	B	8,7	79,3	B	11,4	540,0	B	20,4	108,0	A	4,8						
T2	134,6	BC		0,43	B		72,5	AB		736,0	A		106,0	A							
T3	128,2	AB		0,36	A		71,5	AB		466,0	B		105,0	A							
T4	116,1	A		0,31	A		61,0	A		418,0	B		97,0	B							
2011																					
T1	100,8	BC	6,5	0,53	A	7,7	137,3	C	7,1	545,0	B	22,1	125,0	A	6,2						
T2	110,5	C		0,53	A		126,5	BC		506,7	B		117,0	A							
T3	90,0	A		0,46	B		113,6	AB		302,5	A		122,0	A							
T4	97,6	AB		0,41	B		100,8	A		227,5	A		102,0	B							

Lo aquí obtenido es coincidente con lo señalado por Al-Karaki et al. (2009) en pimiento, al aumentar la salinidad del medio disminuyó el número, tamaño y peso de los frutos.

En los dos ciclos siguientes, sólo el testigo se diferenció ($P < 0,05$) de los tratamientos, no presentando diferencias entre sí. Sin embargo, en el testigo el rendimiento aumentó respecto al inicio del estudio. Así, se puede observar en la Tabla 4, que en el primer ciclo el T4 rindió 62 t ha^{-1} y en los ciclos siguientes su rendimiento fue próximo a las 100 t ha^{-1} . Esto se pudo producir por un efecto mejorador de los drenes en la salinidad de todo el invernáculo, más allá del sitio que ocuparan en el tratamiento. Así, la disminución significativa de sales que se produjo desde el primer año con la instalación de drenes a partir del segundo año comenzó a involucrar a todo el invernáculo en dicha mejora; lo que se atribuye al distanciamiento próximo entre drenes que, consecuentemente afectó a todo el invernadero (Cuellas, 2015). Cabe destacar que en estudios previos, se obtuvieron resultados semejantes luego de dos años con drenes, sin embargo, el distanciamiento fue menor que en el presente estudio (3 m) (Alconada et al., 2000).

Se aprecia entonces que la mejora planteada en relación a la salinidad al instalar drenes, si bien se asocia a una disminución en la concentración de cationes, no condujo a una deficiencia de nutrientes en los cultivos y, por el contrario, se observó un aumento general del rendimiento incluso del testigo ($62 \text{ a } 102 \text{ t ha}^{-1}$) (Tabla 4).

CONCLUSIONES

La instalación de drenes en la parte superior del horizonte Bt de un suelo Hapludert típico degradado generó una disminución de cationes solubles esenciales junto a la disminución de sales, debido a que produjo una mejora en la circulación del agua en un espesor de suelo mayor.

La disminución en las concentraciones de cationes solubles Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^{+} no afectó negativamente la nutrición del cultivo de pimiento y se mantuvo, en general en concentraciones y relaciones catiónicas adecuadas. Por el contrario, se produjo una mejora de algunas variables del cultivo (altura de planta, calibre del tallo) y del rendimiento. No hubo diferencias atribuibles al diámetro de dren utilizado.

El tratamiento con yeso no tuvo un efecto favorable en la circulación del agua, nutrición ni en calidad de planta y rendimiento. En general, no se diferenció significativamente del testigo y, hacia el segundo ciclo mejoró por efecto de los drenes en todo el sitio del Invernáculo.

BIBLIOGRAFÍA

Alconada, M. & L. Huergo. 1998. Degradación de suelos con cultivos protegidos: Tomate. Influencia de la calidad de agua de riego. I Reunión de Producción Vegetal, N.O.A., Universidad Nacional de Tucumán. 21 de Octubre. Tucumán, Argentina.

Alconada, M. & J. Zembo. 2000. Influencia cualitativa del riego con aguas subterráneas en suelos con producciones intensivas a campo y en invernáculo. 1er Joint World Congress on Ground water. Brasil.

Alconada, M., L. Giuffré, L. Huergo & C. Pascale. 2000. Hiperfertilización con fósforo de suelos Vertisoles y Molisoles en cultivo de tomate protegido. Avances en Ingeniería Agrícola 1998-2000. Ed. Facultad de Agronomía, UBA. pp.343-347.

Alconada, M., A. Mitidieri, M. Cuellas, E. Inda, P. Poncetta, S. Barragán & D. Melión. 2002. Diagnóstico de la nutrición edáfica de un cultivo de frutilla (Fragaria x ananassa. Duch) utilizando extractos de campo en reemplazo del muestreo tradicional de suelo. Calcio y Potasio soluble. 4 pág. Actas CD XXIV Congreso Argentino y XI Latinoamericano de Horticultura.

Alconada, M., P. Poncetta, M. Cuellas, S. Barragán, E. Inda & A. Mitidieri. 2006. La fertirrigación en cultivo de tomate protegido (Lycopersicon esculentum): consecuencias ambientales, productivas y económicas. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, y I Reunión de Suelos de la región Andina. Salta, Argentina.

Al-Karaki, G., A. Al-Ajmi & Y. Othman. 2009. Response of soilless grown sweet pepper cultivars to salinity. Acta Horticulturae 807: International Symposium on Strategies Towards Sustainability of Protected Cultivation in Mild Winter Climate.

Alpi, A. & F. Tognoni. 1991. Cultivo en invernadero. 3ra ed. Ed. Mundi Prensa, Madrid, España. 172 pp.

Andreoli, Y. & N. Peinemann. 1984. Fracciones de potasio y condiciones de equilibrio en suelos de la llanura pampeana. Rev. Cs. del Suelo: V2 (2):159-166.

Auge, M. & M. Nagy. 1999. Estado del agua subterránea respecto a la contaminación con agroquímicos en La Plata, Prov. de Buenos Aires. Hidrología Subterránea. Serie Correlación Geológica. V13: 203-211.

Bar-Tal, A. & E. Pressman. 1996. Root restriction and potassium and calcium solution concentrations affect dry-matter production, cation uptake, and blossom-end rot in greenhouse tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121(4):649-655.

Cadahia, L.C. 1998. Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales. Ed. Mundi Prensa. 335 pp.

Cuellas, M. 2015. Control de la salinización del suelo mediante sistemas de drenes en producciones intensivas de cultivos bajo cubierta. M. Sc. Tesis. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina. 162 pp.

Cuellas, M. & M. Alconada. 2010. Diagnóstico de la nutrición de Ca-K en cultivos intensivos en extractos de suelo obtenidos en laboratorio y a campo. XXII. Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario. Argentina.

De Pascale, S., C. Ruggiero, G. Barbieri & A. Maggio. 2003. Physiological responses of pepper to salinity and drought. Journal of the America Society for horticultural Science. 128(1):48-54.

del Amor, F. & L. Marcelis. 2006. Differential effect of transpiration and Ca supply on growth and Ca concentration of tomato plants. References and further reading may be available for this article. To view references and further reading you must purchase this article. Scientia Horticulturae V 111 (1): 17-23.

- Estrada, E. 2001.** Disponibilidad de calcio, magnesio y azufre, su análisis en suelos y plantas y su interpretación. Bogotá. Ed Silva M. Los elementos secundarios (Ca, Mg, S) y el silicio en la agricultura. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Comité Regional de Cundinamarca y Boyacá. 85–104 p.
- FAO. 1971.** El drenaje de los suelos pesados. Riego y Drenaje 6. 114 pp.
- Giuffré, L., M. Alconada, C. Pascale & S. Ratto. 2004.** Environmental impact of phosphorus over fertilization in tomato greenhouse production. Journal Applied Horticulture 6(1):58-61.
- González, J. & A. Amma. 1976.** Manejo de suelos para producción de hortalizas. E.E.A.INTA San Pedro. Tirada interna hortícola N° 10 y 11.
- Havlin, J.L., J.S. Beaton, S.L. Tisdale & W.L. Nelson. 1999.** Soil Fertility and Fertilizers. Ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J. 499 pp.
- Hurtado, M., J. Giménez & M. Cabral. 2006.** Análisis ambiental del partido de La Plata: Aportes al ordenamiento territorial. Ed. Buenos Aires, Consejo Federal de Inversiones. La Plata, Bs. As. Argentina. 134 pp.
- Imbellone, P., J. Giménez & L. Panigatti. 2010.** Suelos de la Región Pampeana: Procesos de formación. Ed. INTA. 320 pp.
- InfoStat. 2004.** Manual del usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera edición, versión 2004, Editorial Brujas Argentina. 318 p.
- Kovda, V.A. 1965.** Alkaline Soda-Saline Soils. Agrokhémia Es Talajtan. 14:15-48.
- Letard, M., P. Erard, & B. Jeannequin. 1995.** Maitrise de l'irrigation fertilisante. Tomate sous serre et abris en sol et hors sol. Ed. Ctifl. Paris, Francia. 220pp.
- Luthin, J. 1990.** Drenaje de tierras agrícolas. Ed. Limusa. 684pp.
- Malavolta, E., G.C. Vitti & S.A. De Oliveira. 1989.** Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e Aplicações. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 201 pp.
- May, G. & M. Pritts. 1990.** Strawberry nutrition. Adv. Strawberry Produc. V 9: 10- 23
- Marschner, H. 1995.** Mineral nutrition of higher plants. 2da Ed. Academic Press, San Diego. USA. 889 pp.
- Mengel, K. & E. A. Kirkby. 2000.** Principios de nutrición vegetal. 4ta Ed. Instituto Internacional de la Potasa. Basilea, Suiza. 535 pp.
- Mendia, J.M. 1981.** Manejo de suelos en vidrieras. Rev. Asociación de Ing. Agrónomos de La Plata.
- Nuez, F., G. Ortega & J. Costa. 1996.** El Cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Ed. Mundi Prensa, Madrid, España. 607 pp.
- Page, A., A.H. Miller & D.R. Keeney. 1982.** Methods of Soils Analysis. Amer. Soc. Agron. SoilSci Soc. Amer, Madison, Wisconsin.
- Pizarro, F. 1978.** Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Ed. Agrícola Española. Madrid. 521 pp.
- Pla Sentís, I. 1993.** Soil Salinization and Land Desertification. College on Soil Physics. International Centre for Theoretical Physics. Trieste, Italy. 35 pp.
- Porta, J., M. López Acevedo & C. Roquero. 1994.** Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ed Mundi Prensa, Madrid, España. 807 pp.
- Rubio, J.S., F. García-Sánchez, F. Rubio & V. Martínez. 2009.** Yield, blossom-end rot incidence, and fruit quality in pepper plants under moderate salinity are affected by K⁺ and Ca²⁺ fertilization. Scientia Horticulturae 119:79-87.
- Suarce, M.C. 2001.** Review Blossom end rot of tomato (Lycopersicon esculentum Mill.)- a calcium- or a stress-related disorder?. Scientia Horticulturae 90(3-4):93-208.
- Taylor, M.D., S.J. Locassio & M.R. Alligood. 2004.** Blossom-end rot incidence of tomato as affected by irrigation quantity, calcium source, and reduced potassium. Hort science 39(5):1110-1115.
- Tisdale, S., W. Nelson, J. Beaton & J. Havlin. 1993.** Soil fertility and fertilizers. Ed. Mac millan publishing company. 634pp.
- Vázquez, M. 2012.** Calcio y magnesio su dinámica, diagnóstico, y requerimientos de fertilización. Capítulo 4. En Fertilidad de suelos. Caracterización y manejo en la región Pampeana. Ed Fac Agronomía, UBA. pp. 419-445.