

CULTIVO DE JAZMÍN DEL CABO: EFECTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

Alejandra Bernárdez^{1*}, Esteban Rubio¹, José Czepulis² y Mariel Mitidieri²

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de Floricultura Hurlingham, Buenos Aires, Argentina

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria San Pedro, Buenos Aires, Argentina

*E-mail: bernardez.alejandra@inta.gob.ar

Recibido: 11/07/2023
Aceptado: 20/11/2024

RESUMEN

La calidad del agua impacta sobre la producción de las plantas en viveros e invernaderos, especialmente en las producciones en sustrato y contenedor. En San Pedro (provincia de Buenos Aires), la elevada alcalinidad de las aguas subterráneas hace necesario mitigar los efectos negativos que esta produce al ser empleada en el riego del cultivo de jazmín del Cabo (*Gardenia jasminoides* J. Ellis). Este estudio analizó el efecto de tres fuentes de agua de riego sobre el crecimiento de plantas de jazmín del Cabo: agua subterránea (testigo), agua subterránea acidificada (tratamiento A) y agua subterránea y de lluvia (1:1), acidificada (tratamiento B). El experimento se realizó desde acodo aéreo hasta planta terminada en el invernadero del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de San Pedro (2018/2019). Se evaluaron: (i) propiedades de las fuentes de agua y (ii) variables del material vegetal (número de hojas y flores, área foliar, diámetro del tallo, altura, biomasa seca aérea, radical y total, deficiencias nutricionales, color de hojas jóvenes e índice de vegetación de diferencia normalizada). La calidad del agua difirió según la fuente (testigo: $\text{pH} \geq 7,0$ y $\leq 8,5$; conductividad eléctrica -CE-: $0,85 \text{ dS m}^{-1}$ y alcalinidad: $8,44 \text{ mEq l}^{-1}$; tratamiento A: $\text{pH} \geq 5,5$ y $\leq 6,0$, CE: $0,85 \text{ dS m}^{-1}$ y alcalinidad: $2,83 \text{ mEq l}^{-1}$; tratamiento B: $\text{pH} \geq 5,5$ y $\leq 6,0$, y CE: $0,40 \text{ dS m}^{-1}$ y alcalinidad: $1,45 \text{ mEq l}^{-1}$). Las plantas regadas con los tratamientos A y B presentaron menor porcentaje de hojas jóvenes con clorosis férrica, mayor biomasa acumulada y menor deterioro radicular que las regadas con agua subterránea (testigo). La acidificación del agua subterránea y su mezcla con agua de lluvia son estrategias para mejorar la calidad del agua en zonas con elevada alcalinidad y, consecuentemente, la calidad comercial de las plantas cultivadas.

Palabras clave: alcalinidad, clorosis internerval, deficiencia de hierro, deterioro radicular, riego.

JAZMÍN DEL CABO CULTIVATION: EFFECT OF IRRIGATION WATER QUALITY

ABSTRACT

Water quality impacts plant production in nurseries and greenhouses, especially in substrate and container-based systems. In San Pedro (province of Buenos Aires), the high alkalinity of the groundwater makes it necessary to mitigate the negative effects it produces when used for irrigating jazmín del Cabo (*Gardenia jasminoides* J. Ellis). This study aimed to evaluate the effect of three irrigation water sources on the growth of jazmin del Cabo: groundwater (control), acidified groundwater (treatment A), and a 1:1 mixture of acidified groundwater and rainwater (treatment B). The experiment was conducted from air-layering to finished plants in the greenhouse of the Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) in San Pedro (2018/2019). The study assessed: (i) properties of the water sources, and (ii) plant growth parameters (number of leaves and flowers, leaf area, stem diameter, height, shoot, root, and total dry biomass, nutritional deficiencies, young leaf color, and normalized difference vegetation index). Water quality varied among sources (control: $\text{pH} \geq 7,0$ and $\leq 8,5$; electrical conductivity, EC: $0,85 \text{ dS m}^{-1}$; alkalinity: $8,44 \text{ mEq L}^{-1}$; treatment A: $\text{pH} \geq 5,5$ and $\leq 6,0$, EC: $0,85 \text{ dS m}^{-1}$, and alkalinity: $2,83 \text{ mEq L}^{-1}$; treatment B: $\text{pH} \geq 5,5$ and $\leq 6,0$, EC: $0,40 \text{ dS m}^{-1}$, and alkalinity: $1,45 \text{ mEq L}^{-1}$). The plants irrigated with treatments A and B showed a lower percentage of young leaves with iron chlorosis, higher biomass accumulation, and reduced root deterioration than those irrigated with groundwater (control). The acidification of groundwater and its mixture with rainwater are strategies to improve water quality in areas with high alkalinity levels and the commercial quality of cultivated plants.

Key words: alkalinity, interveinal chlorosis, iron deficiency, root deterioration, irrigation.

INTRODUCCIÓN

La provincia de Buenos Aires (Argentina) es una zona tradicional de producción de flores de corte y de plantas en macetas, entre ellas el jazmín del Cabo (*Gardenia jasminoides* J. Ellis). En particular, se destacan como zonas productivas de importancia los partidos de San Pedro y General Pueyrredón (Morisigue *et al.*, 2012). San Pedro está ubicado al norte de la provincia sobre la costa del río Paraná. La actividad viverista ocupa un rol importante dentro de la economía del partido. Se estima que se cultivan 1200 ha, distribuidas en 115 establecimientos productivos, los cuales se caracterizan por la gran variedad de especies que producen (Hansen, 2017).

El jazmín del Cabo es un arbusto perenne que se comercializa como planta en maceta con fines ornamentales. Este cultivo, perteneciente a la familia botánica Rubiaceae (Murgia González, 2007), es una planta arbustiva perenne de tallo leñoso. Posee un sistema radical abundante y fino, hojas opuestas de forma oblongo-lanceolada coriácea, de color verde oscuro brillante y flores solitarias fragantes multipétalas, de color blanco, que se producen en las axilas de las hojas (Warren Auman, 1996; Kobayashi y Kaufman, 2006).

En San Pedro, el cultivo de jazmín del Cabo se inicia a campo con la plantación de estacas o con el trasplante de plantines directamente en el suelo; posteriormente se descalza y se comercializa en contenedor. El riego se realiza con aguas provenientes del acuífero Puelche (Auge, 2004). Este acuífero es uno de los más explotados de la Argentina; el destino principal de su caudal es el abastecimiento humano, seguido por el uso industrial, ganadero, riego y uso recreativo (Auge *et al.*, 2002). Sus aguas presentan diferentes grados de mineralización con preponderancia hidrogeoquímica bicarbonatada sódica (Hernández *et al.*, 1975; Auge y Hernández, 1983; Castiglioni y Cejas, 1996; González y Hernández, 1977; Hernández, 2005).

El agua del acuífero Puelche utilizada con fines de riego en los viveros de San Pedro, al igual que para los partidos de San Nicolás, Ramallo, Baradero y Zárate, es mayoritariamente bicarbonatada sódica (89,5%; $n = 38$ pozos evaluados), con valores de pH entre 7,2 y 8,2; y una conductividad eléctrica (CE) de $0,7^{-1}$ y 4 dS m^{-1} , valores medios de bicarbonatos de $8,5 \pm 0,9 \text{ mEq l}^{-1}$, con máximos de $11,8 \text{ mEq l}^{-1}$ y mínimos de $7,0 \text{ mEq l}^{-1}$ (Bernárdez y Valenzuela, 2016; Valenzuela *et al.*, 2016). Estos valores no coincidirían con las recomendaciones que en general se dan en torno a la calidad del agua de

riego en viveros. Por ejemplo, Rolfe *et al.* (2000) mencionan que las aguas destinadas al riego en las producciones de vivero deberían poseer valores de pH que oscilen entre 5,5 y 7,0 y un contenido de bicarbonatos no mayor a los 90 mg l^{-1} o su equivalente a $1,5 \text{ mEq l}^{-1}$. Whipker *et al.* (2003) proponen valores deseables similares (pH 5,4 a 6,8 con un valor límite de 7,0; y un contenido de bicarbonatos entre 40 y 65 mg l^{-1} o $0,7$ y $1,1 \text{ mEq l}^{-1}$; con un valor límite de 122 mg l^{-1} o 2 mEq l^{-1}). El riego continuo de cultivos en contenedor con aguas alcalinas genera el aumento gradual del pH del sustrato, desequilibrios en la disponibilidad de nutrientes y, consecuentemente, reduce el crecimiento y la calidad comercial de las plantas (Coulombe *et al.*, 1984; Kuehny y Morales, 2008; Argo y Fisher, 2002; Li y Zhang, 2002; Valdez-Aguilar y Reed, 2007; Roosta, 2011).

El jazmín del Cabo requiere para su cultivo un sustrato ácido, pH 5,0 a 5,5, ya que en medios con pH superiores a seis suelen presentarse deficiencias nutricionales asociadas al hierro (Kobayashi y Kaufman, 2006). Las plantas privadas de hierro presentan clorosis internerval principalmente en hojas jóvenes. En muchas especies puede observarse clorosis internerval en las hojas recién formadas contrastando las nervaduras verdes más oscuras contra un fondo amarillento más claro; y con frecuencia las hojas más jóvenes pueden presentar un tono blanquecino, totalmente libres de clorofila (Mengel y Kirkby, 2000). Esta situación, se ve agravada al utilizar aguas de riego con alcalinidad elevada. La recomendación general para disminuir la alcalinidad del agua de riego implica la neutralización del 80% de sus bases o llevar el pH a 5,8 mediante la utilización de ácido sulfúrico, nítrico o fosfórico (Baily, 1996; Kidder y Hanlon Jr., 1997). En cuanto a la CE, se considera adecuado para la producción de jazmín del Cabo utilizar agua con valores de CE menores a los $0,7 \text{ dS m}^{-1}$ (Rolfe *et al.*, 2000).

Teniendo en cuenta la calidad del agua subterránea de los viveros e invernaderos de San Pedro en relación con las recomendaciones y los requerimientos del cultivo, se planteó como objetivo evaluar si dos tratamientos que tienden a reducir la alcalinidad del agua de riego subterránea (tratamiento A: agua subterránea acidificada y tratamiento B: agua subterránea y de lluvia, acidificada) mejoran variables asociadas a la calidad de plantas de jazmín del Cabo, tales como el número de hojas, área foliar, diámetro de tallo a la altura del cuello raíz, altura desde el cuello de la raíz hasta la yema apical de mayor longitud, biomasa seca total,

biomasa seca aérea, biomasa seca radical, número de pimpollos y flores, estado nutricional de las hojas jóvenes asociadas a la carencia de hierro y sanidad radical.

METODOLOGÍA

El ensayo se llevó a cabo en el invernadero de la Estación Experimental Agropecuaria del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) en el partido de San Pedro, provincia de Buenos Aires (33°44'12,0" S y 59°47'39,6" O) durante la campaña 2018/2019. Para cumplir los objetivos propuestos se sembraron acodos aéreos de jazmín del Cabo el 15 de junio de 2018 en macetas que fueron dispuestas en el invernadero y sometidas a riegos realizados con tres fuentes de agua: (i) agua de origen subterránea (testigo), (ii) agua subterránea modificada solo con el agregado de ácido fosfórico al 85% de uso agrícola (tratamiento A) y (iii) mezcla de agua de lluvia y agua subterránea en partes iguales (1:1), modificada con ácido fosfórico al 85% de uso agrícola (tratamiento B).

El experimento, que se extendió hasta el 15 de mayo de 2019, se realizó en una plantinera con una superficie cubierta de 85 m², estructura metálica, techo parabólico, ventilación lateral, piso de concreto y cobertura de polietileno. Para la recolección del agua de lluvia, se adicionó un sistema de canaletas de polietileno y para el almacenaje, dos tanques de PVC de 1000 l cada uno. Las variables asociadas a la calidad de las plantas se evaluaron en diferentes momentos durante el ensayo. Se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones. El factor evaluado fue la calidad de agua para riego. El ensayo contó con un total de 90 plantas, asignándose 30 plantas a cada tratamiento.

Material vegetal

El material vegetal utilizado fue provisto por un vivero de San Pedro. Se seleccionaron 120 acodos aéreos provenientes de plantas madre de jazmín del Cabo (*G. jasminoides*) cultivadas a campo. Los acodos fueron podados de forma homogénea para asegurar la uniformidad al inicio del cultivo. Cada acodo quedó conformado por un tallo principal y dos tallos secundarios, con cuatro nudos por planta. Luego de la poda y previo al enmacetado final, los acodos aéreos fueron colocados durante dos semanas en sustrato para favorecer el enraizamiento. Posteriormente se realizó el trasplante a macetas sopladas de plástico negro de 20 cm de diámetro, 19 cm de altura, 13 cm de base y capacidad de 5 l,

provistas de un dren en la parte inferior y dos drenes laterales. El trasplante se realizó a razón de una planta por maceta. Las macetas fueron ubicadas dentro de la plantinera sobre una mesada de 2 m de ancho por 6 m de largo y 1 m de altura, respetando una distancia de 30 x 30 cm.

Evaluación del material vegetal

Se programaron tres muestreos destructivos (15/11/2018, 15/01/2019 y 15/05/2019) de nueve plantas por tratamiento (tres plantas por bloque) para estudiar las siguientes variables: (i) número de hojas, (ii) área foliar (CI-202 área meter Seedmech®), (iii) diámetro de tallo a la altura del cuello raíz (calibre digital 0-150 mm Insize®; $\pm 0,03$ mm), (iv) altura desde el cuello de la raíz hasta la yema apical de mayor longitud, (v) biomasa seca total, (vi) biomasa seca aérea, (vii) biomasa seca radical (balanza de precisión ALC Acculab®; $2100 \pm 0,01$ g), (viii) relación biomasa seca aérea y biomasa seca radical (BSA/BSR), (ix) incidencia de deficiencias nutricionales en hojas jóvenes asociadas a la carencia de hierro (mediante observación directa), (x) color en hojas (colorímetro Minolta Chroma Meter CR400® triestímulo), (xi) sanidad radical e (xii) índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI; sensor de cultivos Greenseeker de Trimble®). Además, se realizó el recuento de pimpollos y flores semanalmente, desde la aparición del primer pimpollo y la primera flor, hasta fines de noviembre. En el caso de las flores, solo fueron consideradas dentro del conteo aquellas que se encontraron completamente abiertas.

Para determinar la incidencia de las deficiencias nutricionales en hojas jóvenes (IDNHJ), se realizó el conteo de las hojas jóvenes afectadas por clorosis férrica (hojas completamente expandidas con presencia de clorosis internerval) y se las relacionó con el número total de hojas presentes en la planta obteniéndose así el porcentaje de hojas que presentaron síntomas de clorosis férrica.

Antes de cada muestreo destructivo se midió el color en cinco hojas jóvenes completamente expandidas. La conversión de color se realizó con el software Converting Colors® (Zett, 2023). En cada hoja seleccionada se realizaron tres disparos con los que el equipo generó un valor medio para cada parámetro que definen al color, L*, a* y b*, del Sistema CIELAB (Commission Internationale de l'Eclairage L*, a* y b*):

- CIELAB L*: es la luminosidad e indica la cantidad de negro o blanco que está mezclada con el color; su

valor varía 0 para el negro, a 100 para un blanco.

- CIELAB a*: es el índice de enrojecimiento o coordenada verde-rojo; valores negativos indican coloración verde, mientras que valores positivos indican coloración roja
- CIELAB b*: es el índice de amarillamiento o coordenada del azul-amarillo; valores negativos indican coloración azul, mientras que valores positivos indican coloración amarilla.

Antes de cada muestreo destructivo se midió el índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI). Para ello, el sensor se posicionó sobre la planta a 1,5 m, dándole soporte con un bastón del largo mencionado para asegurar la estandarización de la altura en las mediciones. Canopeos verdes con concentraciones apropiadas de nitrógeno, clorofila y otros elementos absorben luz fotosintéticamente activa (RFA, roja y azul) y reflejan la radiación verde e infrarroja (Gates, 1980). Este índice contribuye al diagnóstico de las condiciones nutricionales, el estado fisiológico, la incidencia del estrés y el rendimiento potencial de los cultivos (Inman *et al.*, 2005; Lan *et al.*, 2009). Debido a su normalización, los rangos de medición se encuentran entre -1,0 y 1,0, siendo los valores más altos (0,7-0,8) indicadores de plantas en mejores condiciones nutricionales. Un valor de uno (1) representaría la densidad más alta posible de hojas verdes y saludables (Viney *et al.*, 2005; Montheith y Unsworth, 2008).

La sanidad radical se evaluó mediante la determinación del porcentaje de raíces necrosadas. Para ello, se separó y se pesó la parte radical afectada (raíces necrosadas). El peso fresco de las raíces necrosadas se relacionó con el peso fresco radical total para obtener el porcentaje de raíces necrosadas.

Sistema de riego

El agua de riego se almacenó en tanques individuales y se realizaron las correcciones necesarias para asegurar el cumplimiento de los tratamientos durante todo el ensayo. Para el suministro del agua se utilizó un sistema de riego presurizado y automatizado con un programador. El agua se distribuyó mediante una tubería lisa negra de polietileno de baja densidad (diámetro externo, 16 mm) donde se insertaron conectores para microtubos flexibles (diámetro interno, 4 mm y longitud, 50 cm). En cada microtubo flexible se colocó un gotero autocompensado (caudal 2 l h⁻¹) con su correspondiente estaca. El riego se realizó de acuerdo con la

metodología propuesta por Salas y Urrestarazu (2004) para el riego de cultivos en contenedor. Con esta metodología se determinó de forma teórica la frecuencia y la dotación de riego para el cultivo durante el tiempo que duró el ensayo. Dentro de la plantinera se registraron las condiciones meteorológicas de temperatura y humedad relativa (TDH8092 data logger LogTag®).

Evaluaciones del agua de riego

Para caracterizar el agua de riego al inicio del ensayo se determinó: el pH (potenciometría), la conductividad eléctrica (CE; conductimetría), la alcalinidad (titulación ácido-base), los cloruros (titulación volumétrica argentometría), calcio y magnesio (espectrofotometría de absorción atómica), sodio y potasio (espectrofotometría de emisión atómica) (APHA, 2017). Una vez iniciado el ensayo y en las fechas de evaluación del material vegetal (15/11/2018, 15/01/2019 y 15/05/2019) se midió pH y CE según metodologías citadas.

Evaluaciones del sustrato

Una vez enraizados, los acodos fueron trasplantados en sustrato comercial compuesto por turba de musgo Sphagnum, compost de corteza de pino y perlita, corregido con dolomita. El sustrato presentaba al inicio del ensayo las siguientes características físicas: (i) espacio poroso total: 91,1%; (ii) capacidad de retención de agua: 46,4%; (iii) capacidad de aire: 40,7% (método propuesto por De Boodt *et al.*, 1974); (iv) densidad del sustrato o densidad aparente: 0,15 g cm⁻³; (v) densidad de partícula o densidad real: 1,7 g cm⁻³ (método Hofmann; Fermino, 2003); (vi) pH y CE (método de extracto de saturación del sustrato): 5,2 y 1,3 mS cm⁻¹, respectivamente (Lang, 1999).

En las tres evaluaciones del material vegetal (15/11/2018, 15/01/2019 y 15/05/2019), se seleccionaron y se descalzaron tres plantas al azar por tratamiento y por bloque para medir pH y CE (método de extracción "PourThru", Cavins *et al.*, 2008; y método extracto de saturación del sustrato, Ansorena Miner, 1994; Lang, 1999). El monitoreo del pH y la CE del sustrato permite detectar de forma temprana problemas nutricionales en los cultivos. El pH del sustrato afecta la disponibilidad de nutrientes, especialmente de micronutrientes mientras que la CE representa la concentración de sales disueltas en el sustrato, proporcionando información sobre la cantidad de fertilizante disponible y la posible acumulación de sales en el medio de cultivo (Cavins *et al.*, 2008).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA); para evaluar el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homocedasticidad se utilizaron la prueba de Shapiro-Wilks modificada y la prueba de Levene, respectivamente (Mahibbur Rahman y Govindarajulu, 1997). En el caso del incumplimiento de los supuestos se procedió a la transformación aritmética de las variables. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($p < 0,05$). El análisis estadístico de los datos se realizó con el software InfoStat® (Di Rienzo *et al.*, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El agua de riego del tratamiento B (*i.e.* mezcla 1:1 de agua de lluvia y agua subterránea, modificada con ácido fosfórico al 85% de uso agrícola) presentó valores de CE menores que el tratamiento A (*i.e.* agua subterránea modificada solo con el agregado de ácido fosfórico al 85% de uso agrícola) y el testigo (*i.e.* agua de origen subterránea) debido a la utilización del agua de lluvia en la mezcla. El tratamiento A, a diferencia del tratamiento B y el testigo, presentó un valor adecuado de CE ($0,41 \text{ dS m}^{-1}$) para la producción de jazmín del Cabo, es decir, menor a $0,7 \text{ dS m}^{-1}$. La adición de ácido fosfórico al 85% de uso agronómico en los tratamientos A y B provocó la disminución de la alcalinidad del agua en comparación con el testigo debido a la neutralización de los carbonatos y bicarbonatos presentes en el agua de riego (Cuadro 1).

Los análisis estadísticos del pH del sustrato arrojaron diferencias entre tratamientos en todas las fechas evaluadas ($p < 0,05$). En todos los muestreos se observó que los sustratos de los tratamientos A y B presentaron valores inferiores de pH respecto al testigo. Mientras que el testigo, a partir del 15 de enero de 2019, presentó valores de pH superiores a seis (Figura 1A).

La conductividad eléctrica extracto saturado (CE_{ES}) presentó diferencias en el primer muestreo realizado

en noviembre de 2018 ($p < 0,05$) y en el último, realizado en mayo de 2019 ($p < 0,01$). En ambas fechas de evaluación, solo el tratamiento B se diferenció del tratamiento A, al presentar valores inferiores de CE_{ES} (Figura 1B).

En el percolado, el pH presentó diferencias en todas las fechas de muestreo ($p < 0,01$). En todos los casos, los tratamientos A y B se diferenciaron del testigo al presentar valores de pH inferiores (Figura 1C). La CE medida en el percolado presentó diferencias en las dos primeras fechas ($p < 0,05$; noviembre vs. enero), y en la última fecha de muestreo ($p < 0,01$; mayo) (Figura 1D).

Los ANOVA del número de hojas, área foliar y diámetro a la altura de cuello raíz no presentaron diferencias significativas en las tres evaluaciones (Cuadros 2 y 3). En cuanto a la altura, solo se observaron diferencias significativas en la tercera fecha de muestreo (15/05/2019), el tratamiento A se diferenció del testigo presentando mayor altura (Cuadro 3).

Los primeros pimpollos se observaron a finales de septiembre luego de 104 días después del trasplante (DDT). La floración se observó en los tratamientos A y B y en el testigo a los 140, 136 y 142 DDT, respectivamente. Los ANOVA del número de pimpollos y flores acumuladas no arrojaron diferencias.

La biomasa seca total (BST) solo presentó diferencias en la última fecha de muestreo ($p < 0,05$). Los tratamientos A y B presentaron valores mayores de BST con respecto al testigo (Figura 2A). Al igual que la BST, la biomasa seca aérea (BSA) presentó diferencias solo en la tercera fecha de muestreo. Los tratamientos A y B presentaron valores BSA superiores al testigo (Figura 2B). Al analizar la biomasa seca radical (BSR), se observaron diferencias significativas en el segundo muestreo y altamente significativas en el tercer muestreo (Figura 2C). En el segundo muestreo, el tratamiento B se diferenció del testigo presentando una mayor BSR y en el tercer muestreo todos los tratamientos se diferenciaron entre sí (el tratamiento B fue el que presentó mayor BSR, seguido del A y el testigo).

Cuadro 1. Caracterización fisicoquímica de las aguas de riego utilizadas para la producción de plantas de jazmín del Cabo (*Gardenia jasminoides* J. Ellis) cultivadas en el invernadero de la Estación Experimental Agropecuaria del INTA San Pedro, provincia de Buenos Aires. Testigo: agua subterránea; tratamiento A: agua subterránea acidificada; tratamiento B: agua subterránea y agua de lluvia (1:1) con adición de ácido; CE: conductividad eléctrica, expresada en dS m^{-1} ; Ca^{+2} : calcio; Mg^{+2} : magnesio; Na^{+2} : sodio; K^{+} : potasio; Cl^{-} : cloruro; alcalinidad, expresados en mEq l^{-1} . Cada valor representa la media ($n = 3$) $\pm$ desvío estándar.

Tratamiento	pH	CE	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^{+2}	K^{+}	Cl^{-}	Alcalinidad
Testigo	8,25	0,85	0,61	0,31	8,34	0,20	0,14	8,44
A	5,86	0,74	0,75	0,33	8,53	0,21	0,20	2,83
B	5,87	0,41	0,30	0,15	4,93	0,10	0,12	1,45

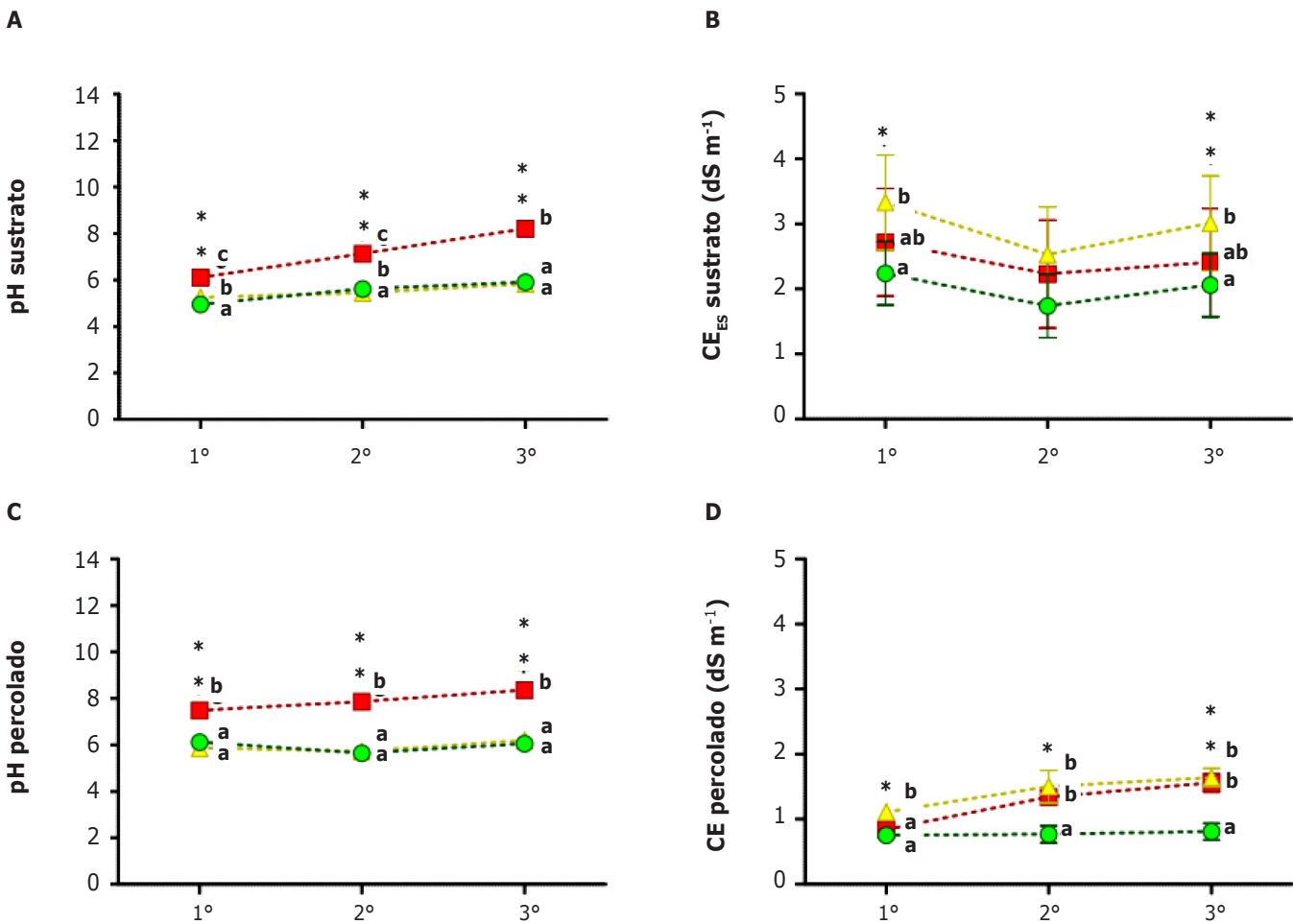


Figura 1. Valores de pH y conductividad eléctrica (CE) del sustrato (A, B) y del percolado (C, D), evaluados en plantas de jazmín del Cabo (*Gardenia jasminoides* J. Ellis) cultivadas en el invernadero de la Estación Experimental Agropecuaria del INTA San Pedro, provincia de Buenos Aires, y regadas con aguas de distinta calidad. Testigo: agua subterránea (cuadrado rojo); tratamiento A: agua subterránea acidificada (triángulo amarillo); tratamiento B: agua subterránea y agua de lluvia (1:1) con adición de ácido (círculo verde); CE_{ES}: CE extracto saturado. Cada símbolo representa la media (n= 3) y las barras verticales, el desvío estándar. Símbolos con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos según prueba de Tuckey (p<0,05).

Cuadro 2. Valores de número de hojas (hojas planta⁻¹) y área foliar (m²) de plantas de jazmín del Cabo (*Gardenia jasminoides* J. Ellis) cultivadas en el invernadero de la Estación Experimental Agropecuaria del INTA San Pedro, provincia de Buenos Aires, y regadas con aguas de distinta calidad. Testigo: agua subterránea; tratamiento A: agua subterránea acidificada; tratamiento B: agua subterránea y agua de lluvia (1:1) con adición de ácido. Medias (n= 3) letras distintas entre filas de una misma columna indican diferencias significativas entre medias (p<0,05), prueba de Tukey.

Tratamiento	Número de hojas			Área foliar		
	15/11/2018	15/01/2019	15/05/2019	15/11/2018	15/01/2019	15/05/2019
Testigo	141 ± 27 ^a	291 ± 60 ^a	324 ± 108 ^a	0,22 ± 0,06 ^a	0,61 ± 0,11 ^a	0,79 ± 0,28 ^a
A	127 ± 33 ^a	298 ± 62 ^a	412 ± 55 ^a	0,25 ± 0,06 ^a	0,61 ± 0,09 ^a	0,91 ± 0,17 ^a
B	143 ± 23 ^a	297 ± 45 ^a	362 ± 58 ^a	0,26 ± 0,05 ^a	0,60 ± 0,04 ^a	0,82 ± 0,20 ^a

Cuadro 3. Valores de diámetro a la altura de cuello raíz (mm) y altura (cm) de plantas de jazmín del Cabo (*Gardenia jasminoides* J. Ellis) cultivadas en el invernadero de la Estación Experimental Agropecuaria del INTA San Pedro, provincia de Buenos Aires, y regadas con aguas de distinta calidad. Testigo: agua subterránea; tratamiento A: agua subterránea acidificada; tratamiento B: agua subterránea y agua de lluvia (1:1) con adición de ácido. Medias (n= 3) letras distintas entre filas de una misma columna indican diferencias significativas entre medias ($p < 0,05$), prueba de Tukey.

Tratamiento	Diámetro a la altura de cuello raíz			Altura		
	15/11/2018	15/01/2019	15/05/2019	15/11/2018	15/01/2019	15/05/2019
Testigo	11,52 ± 1,84 ^a	15,62 ± 1,33 ^a	22,45 ± 2,77 ^a	20,4 ± 2,5 ^a	46,6 ± 5,8 ^a	67,2 ± 6,4 ^b
A	10,74 ± 2,13 ^a	15,30 ± 1,13 ^a	22,84 ± 2,14 ^a	21,20 ± 2,8 ^a	47,1 ± 4,5 ^a	74,2 ± 6,3 ^a
B	11,45 ± 1,59 ^a	15,13 ± 1,05 ^a	20,12 ± 2,61 ^a	20,57 ± 3,2 ^a	46,3 ± 3,2 ^a	70,5 ± 4,7 ^{ab}

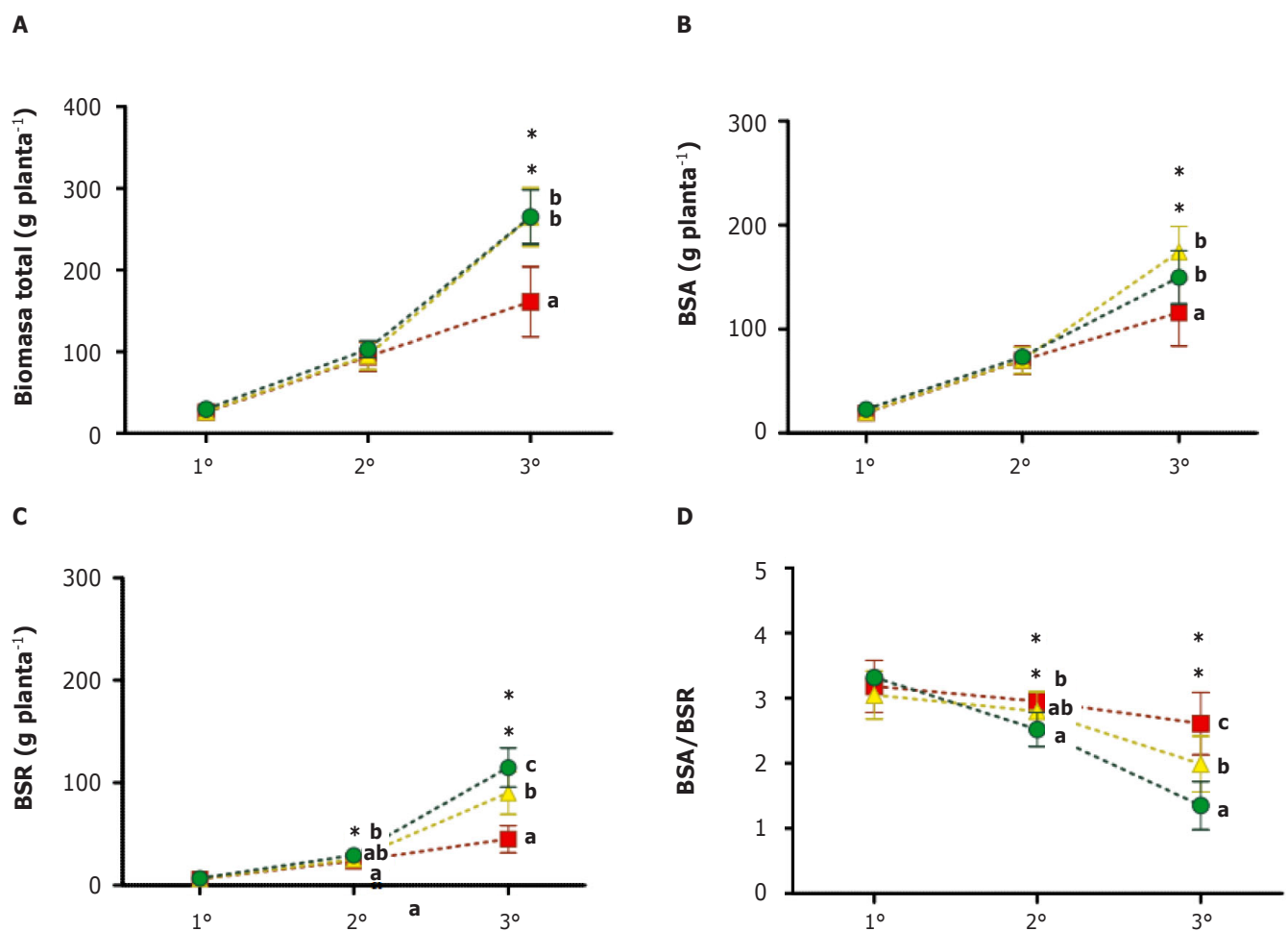


Figura 2. Biomasa seca total (A), biomasa seca aérea (BSA; B), biomasa seca radical (BSR; C) y relación BSA/BSR (D) de plantas de jazmín del Cabo (*Gardenia jasminoides* J. Ellis) cultivadas en el invernadero de la Estación Experimental Agropecuaria del INTA San Pedro, provincia de Buenos Aires, y regadas con aguas de distinta calidad. Testigo: agua subterránea (cuadrado rojo); tratamiento A: agua subterránea acidificada (triángulo amarillo); tratamiento B: agua subterránea y agua de lluvia (1:1) con adición de ácido (círculo verde). Cada símbolo representa la media (n= 3) y las barras verticales, el desvío estándar. Símbolos con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos según prueba de Tuckey ($p < 0,05$).

Los ANOVA para la relación BSA/BSR indicaron diferencias significativas para el segundo muestreo y diferencias altamente significativas en el tercer muestreo. En el segundo muestreo el Tratamiento B se diferenció significativamente del testigo presentando una menor relación BSA/BSR. En el tercer muestreo, todos los tratamientos se diferenciaron entre sí, siendo el tratamiento B el que presentó valores menores de BSA/BSR, seguido del tratamiento A y el testigo (Figura 2D).

La diferencia en la acumulación de biomasa para las variables BST, BSR y BSA de las plantas de los tratamientos A y B con respecto al testigo podría deberse al menos en parte, a los valores de pH que se registraron en el sustrato (Figura 1A). Las plantas del testigo presentaron un aumento del pH del sustrato a lo largo del ensayo, que alcanzó valores de pH cercanos a ocho al finalizar el ciclo de cultivo (en tanto, los otros tratamientos, presentaron en dicho momento valores cercanos a 6). Este aumento en los valores de pH debido a la alcalinidad aportada por el agua de riego empleada en las plantas testigo afectaría negativamente la estructura de las células de la raíz, interfiriendo negativamente con el balance y la absorción de nutrientes causando deficiencias nutricionales y provocando una reducción del crecimiento (Whipker *et al.*, 2003). En cambio, las plantas regadas con los tratamientos A y B mantuvieron el pH del sustrato en valores óptimos (5 a 6) durante la duración completa del ensayo, lo cual favorecería las reacciones químicas que determinan la disponibilidad de nutrientes para su absorción.

Los ANOVA de raíces necrosadas no arrojaron diferencias significativas en la primera y en la segunda fecha de muestreo (Figura 3). En cambio, sí se observaron diferencias en el tercer muestreo ($p < 0,01$); el tratamiento B presentó un menor porcentaje de raíces necrosadas que el tratamiento A y el testigo (Figura 3A). Estos resultados coinciden con los publicados por Albano *et al.* (2017), quienes informaron que plantas de *thyralis* (*Galphimia gracilis* Bartl.) cultivadas en medios alcalinos presentaron menor desarrollo radical que plantas cultivadas en medios de baja y media alcalinidad. Por otro lado, Bell *et al.* (1993) observaron que plantas leñosas sometidas a estrés alcalino presentaron raíces negras y necróticas.

La medición de color en hojas jóvenes completamente expandidas presentó diferencias significativas en la tercera fecha de muestreo en los tres parámetros colorimétricos evaluados (CIELAB L^* , a^* y b^* ; $p < 0,01$). Los valores de L^* (*i.e.* luminosidad) y b^* (*i.e.* índice de amarillamiento) fueron mayores y el valor de a^* (*i.e.* índice de enrojecimiento) fue menor en el testigo que en los tratamientos A y B (Cuadro 4). De manera similar, Wang *et al.* (2023) observaron un aumento de los valores de L^* y b^* y una disminución en el valor de a^* en plantas de rododendro (*Rhododendron Fortunei*, R. 'Pink Purple Dream' x 'Belami', R. 'Gomer Waterer' y R. 'Cunningham's White') crecidas en un sustrato con un pH inicial de 6,5 respecto a plantas crecidas en un sustrato con un pH de 4,5. Li *et al.* (2006) observaron una alta correlación entre los valores de L^* y b^* , y el

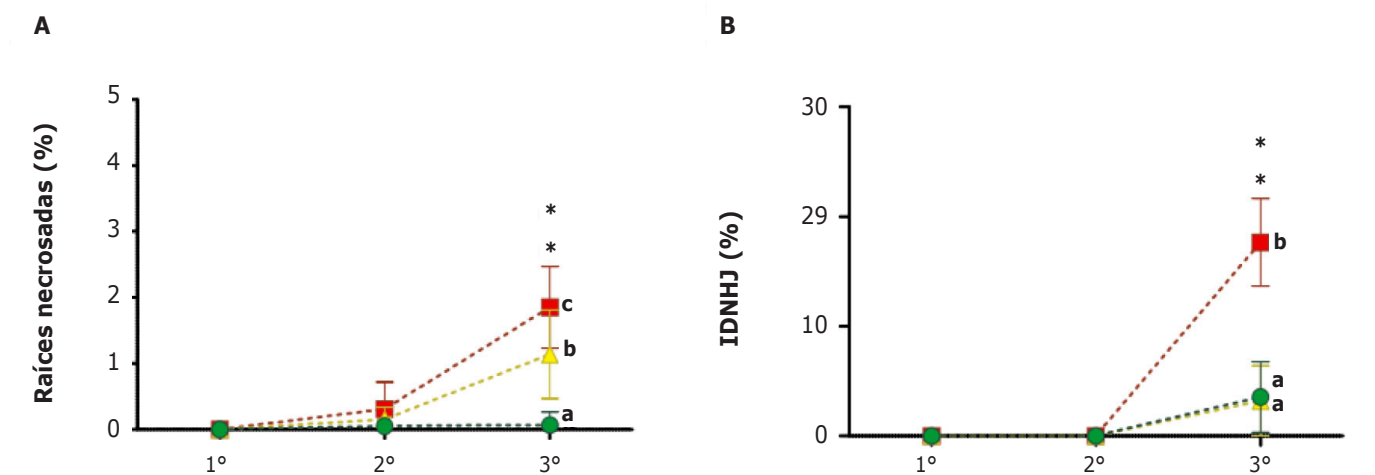


Figura 3. Porcentaje de raíces necrosadas (A) e incidencia de deficiencias nutricionales en hojas jóvenes (IDNHJ; B) de plantas de jazmín del Cabo (*Gardenia jasminoides* J. Ellis) cultivadas en el invernadero de la Estación Experimental Agropecuaria del INTA San Pedro, provincia de Buenos Aires, y regadas con aguas de distinta calidad. Testigo: agua subterránea (cuadrado rojo); tratamiento A: agua subterránea acidificada (triángulo amarillo); tratamiento B: agua subterránea y agua de lluvia (1:1) con adición de ácido (círculo verde). Cada símbolo representa la media ($n = 3$) y las barras verticales, el desvío estándar. Símbolos con letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos según prueba de Tuckey ($p < 0,05$).

Cuadro 4. Parámetros colorimétricos CIELAB (L^* , a^* , b^*) de plantas de jazmín del Cabo (*Gardenia jasminoides* J. Ellis) cultivadas en el invernadero de la Estación Experimental Agropecuaria del INTA San Pedro, provincia de Buenos Aires, y regadas con aguas de distinta calidad. Testigo: agua subterránea; tratamiento A: agua subterránea acidificada; tratamiento B: agua subterránea y agua de lluvia (1:1) con adición de ácido. L^* : luminosidad; a^* : índice de enrojecimiento o coordenada verde; b^* : índice de amarillamiento o coordenada amarilla; Color convertido: color obtenido por valores CIELAB, L^* , a^* , b^* . Medias ($n=5$) letras distintas entre filas de una misma columna indican diferencias significativas entre medias ($p<0,05$), prueba de Tukey.

Tratamiento	Valores CIELAB			Color convertido
	L^*	a^*	b^*	
Testigo	55,44 ± 1,28 ^b	-15,57 ± 0,55 ^b	40,01 ± 1,23 ^c	
A	38,24 ± 1,26 ^a	-13,06 ± 0,60 ^a	18,49 ± 1,25 ^a	
B	39,36 ± 1,30 ^a	-13,18 ± 0,48 ^a	20,29 ± 1,24 ^b	

contenido de clorofila en plantas de *Brassica chinensis* L. var *parachinensis*.

Los resultados obtenidos por la evaluación colorimétrica de las hojas se corresponden con la observación visual realizada para la determinación del índice de deficiencias nutricionales. Los valores de NDVI no arrojaron diferencias significativas en las dos primeras fechas de muestreo, cuando el índice observado en todos los tratamientos fue cercano a uno (1). Esto indicaría que todas las plantas evaluadas hasta esa fecha se encontraban en buenas condiciones nutricionales. En cambio, en la última fecha de evaluación (15/05/2019), se observaron diferencias significativas entre tratamientos (tratamiento A: $0,71 \pm 0,06^{ab}$; tratamiento B: $0,73 \pm 0,05^b$; testigo: $0,66 \pm 0,06^a$). El tratamiento B se diferenció del testigo presentando valores mayores de NDVI, lo cual indicaría que las plantas del tratamiento B se encontraban en mejores condiciones nutricionales que el testigo.

Coincidentemente con los valores de NDVI hallados, se observó que las plantas del tratamiento B presentaron valores menores de IDNH jóvenes; y un porcentaje menor de raíces necrosadas con respecto al testigo. Estos resultados indicarían un mejor estado nutricional y fisiológico de las plantas del tratamiento B.

CONCLUSIONES

El riego con agua subterránea corregida con ácido fosfórico (tratamiento A) y con agua subterránea mezclada con agua de lluvia en partes iguales y corregida con ácido fosfórico (tratamiento B) favorecieron el crecimiento y la calidad de las plantas de jazmín del Cabo, al incrementar la biomasa y disminuir la incidencia de deficiencias nutricionales con respecto a las plantas regadas con el agua subterránea (testigo). Las plantas regadas con la mezcla acidificada de agua subterránea y agua de lluvia (tratamiento B) presentaron mayor peso seco radical y una menor incidencia de raíces necrosadas que las plantas regadas con el agua corregida con ácido fosfórico (tratamiento A) y el agua subterránea (testigo). La acidificación del agua subterránea y su mezcla con agua de lluvia son estrategias que pueden utilizarse con éxito para mejorar la calidad del agua utilizada para el riego de jazmín del Cabo en localidades con aguas subterráneas con altos valores de alcalinidad como la localidad de San Pedro. Los resultados obtenidos indican que el uso de estas técnicas permitiría mejorar la calidad comercial de las plantas de jazmín del Cabo.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo fue realizado en el marco de los proyectos 2019-PE-E2-I505-001 y 2019-PE-E1-I009-001 del INTA.

BIBLIOGRAFÍA

- Albano, J. P., Altland, J., Merhaut, D. J., Wilson, S. B. y Wilson, P. Ch. (2017). Irrigation water acidification to neutralize alkalinity for nursery crop production: substrate, pH, electrical conductivity, nutrient concentrations and plant nutrition and growth. *HortScience*, 52(10), 1401-1405. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI11439-17>
- American Public Health Association-APHA. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 23ª ed. fNYB FDA+--. American Public Health Association.
- Ansorena Miner, J. (1994). *Sustratos: propiedades y caracterización*. Editorial Mundi-Prensa.
- Argo, W. y Fisher P. (2002). *Understanding pH management for container-grow crops*. Meister Pub.

- Auge, M. (2004). Regiones hidrogeológicas de la República Argentina provincias de Buenos Aires, Mendoza y Santa Fe. Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea. <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/miguel/RegionesHidrogeol.pdf>
- Auge, M. y Hernández, M. (1983). Características geohidrológicas de un acuífero semiconfinado (Puelche) en la Llanura Bonaerense. Su implicancia en el ciclo hidrológico de llanuras dilatadas. *Actas Coloquio de Olavarría*, vol. II. Buenos Aires-París.
- Auge, M., Hernández, M. y Hernández, L. (2002). Actualización del conocimiento del acuífero semiconfinado Puelche en la provincia de Buenos Aires. En: XXXII IAH & VI ALHSUD Congreso. Mar del Plata. Argentina. *Actas*, pp. 629-633.
- Baily, D. A. (1996). Alkalinity, pH, and acidification. En: Reed, D. W. (Ed.). *Water, media, and nutrition for greenhouse crops* (pp. 69-91). Ball, Batavia, IL.
- Bell, D. T., Wilkins, C. F., Van der Moezel, P. G. y Ward, S. C. (1993). Alkalinity tolerance of woody species used in bauxite waste rehabilitation western, Australia. *Restor. Ecol.*, 1, 51-58. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.1993.tb00008.x>
- Bernárdez, A. y Valenzuela, O. (2016). Calidad del agua subterránea con fines de riego, en el noroeste de la provincia de Buenos Aires. En: III Encuentro de Investigadores en Formación en Recursos Hídricos, IFRH 2016. Ezeiza. Recuperado de <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/55>
- Castiglioni, M. y Cejas, J. (1996). *Análisis de factores naturales para riego complementario de la zona centro de Santa Fe*. Ministerio de Agricultura de Santa Fe.
- Cavins, T. J., Whipker, B. E. y Fonteno, W. C. (2008). PourThru: a method for monitoring nutrition in the greenhouse. *Acta Horticulturae*, 779, 289-297. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.779.35>
- Coulombe, B. A., Chaney, R. L. y Wiebold, W. J. (1984). Bicarbonate directly induces iron chlorosis in susceptible soybean cultivars. *Soil Science Society of America Journal*, 48, 1297-1301. <https://doi.org/10.2136/sssaj1984.03615995004800060019x>
- De Boodt, M. y Verdonck, O. (1972). The physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Hort.*, 26, 37-44. https://www.actahort.org/books/26/26_5.htm
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. y Robledo, C. W. (2018). InfoStat versión 2018. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>
- Fermino, M. H. (2003). *Métodos de análisis para caracterización física sustratos para plantas* (tesis doctoral). Universidad Federal de Río Grande Do Sul, Facultad de Agronomía. Puerto Alegre, Brasil.
- Gates, D. (1980). *Biophysical ecology* (pp. 611). Springer-Verlag.
- González, N. y Hernández, M. (1997). La práctica del riego y el desarrollo sustentable en los acuíferos del Noroeste bonaerense. Congreso Nacional sobre Aguas. UBA-AUGM-UNESCO, I:55. Buenos Aires.
- Hansen, L. (2017). *Caracterización de los viveros en el partido de San Pedro, Buenos Aires, Argentina. Relevancia tecnológica, social y económica*. EEA San Pedro. INTA. <https://inta.gob.ar/sites/default/files/intasp-viveros-san-pedro-hansen-2017.pdf>
- Hernández, M. (2005). Panorama ambiental de los recursos hídricos subterráneos en la provincia de Buenos Aires. En: *Actas del XV Congreso Geológico Argentino La Plata*.
- Hernández, M., Fili, M., Auge, M. y Ceci, J. (1975). *Geohidrología de los acuíferos profundos de la provincia de Buenos Aires* (pp. 479-500). En: *Actas del VI Congreso Geológico Argentino*.
- Inman, D., Khosla, R. y Mayfield, T. (2005). On-the-go active remote sensing for efficient crop nitrogen management. *Sensor review*, 25(3), 209-214.
- Kidder, G. y Hanlon Jr., E. (1997). Neutralizing excess bicarbonates from irrigation water. Univ. of Fla. Coop. Ext. Ser. Circ. SL-142. <https://irrigationtoolbox.com/ReferenceDocuments/Extension/Florida/SS16500.pdf>
- Kobayashi, K. D. y Kaufman, A. J. (2006). *Common Gardenia* (pp. 1-7). College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa. <https://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/of-32.pdf>
- Kuehny, J. S. y Morales, B. (2008). Effects of salinity and alkalinity on pansy and impatiens in three different growing media. *J. Plant. Nutr.*, 21, 1011-1023. <https://doi.org/10.1080/01904169809365460>
- Lan, Y., Zhang, H., Lacey, R., Hoffmann, W. C. y Wu, W. (2009). Development of an integrated sensor and instrumentation system for measuring crop conditions. *Agricultural Engineering International, The CIGR E-Journal*, 11, 1-16.
- Lang, H. (1999). Sustratos: análisis e interpretación. En: Reed, D. W. (Ed.). *Agua, sustratos y nutrición en los cultivos de flores en invernadero* (pp. 125-141). Ball Publishing.
- Li, Y. y Zhang, M. (2002). Effects of Urea and Nitric Acid on Water and Medium Quality and on Response of Anthurium. *HortTechnology horttech*, 12(1), 131-134. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.12.1.131>
- Li, B., Liew, O. W. y Asundi, A. K. (2006). Pre-visual detection of iron and phosphorus deficiency by transformed reflectance spectra. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 85, 131-139. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2006.06.005>
- Lindsay, W. L. y Schwab, A. P. (1982). The chemistry of iron in soils and its availability to plants. *J. Plant Nutrition*, 5, 821-840. <https://doi.org/10.1080/01904168209363012>
- Mahibbur Rahman, M. y Govindarajulu, Z. (1997). A modification of the test of Shapiro and Wilks for normality. *Journal of Applied Statistics*, 24(2), 219-236. <https://doi.org/10.1080/02664769723828>
- Mengel, K. y Kirkby, E. A. (2000). *Principios de nutrición vegetal* (pp. 493-511). 4ª ed. International Potash Institute. <https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/64-principios-de-nutricion-vegetal.pdf>
- Montheith, J. y Unsworth, M. (2008). *Principles of environmental physics* (pp. 418). 3ª ed. Academic Press.
- Morisigue, D., Mata, D., Facciuto, G. y Bullrich, L. (2012). *Pasado y presente de la floricultura argentina*. Ediciones INTA. <https://inta.gob.ar/documentos/floricultura-pasado-y-presente-de-la-floricultura-argentina>

- Murgia González, J. (2007). *Curso de capacitación. Producción de orquídea, anturio, gardenia y ave del paraíso* (pp. 36-43). <http://www.fun-prover.org/formatos/cursos/Manual%20de%20Produccion%20de%20Orquideas-Anturio-Gardenia-Ave%20del%20P.pdf>
- Rolfe, C., Yiasoumi, W. y Keskula E. (2000). Managing water plant nurseries: A guide to irrigation, drainage and water recycling in containerised plant nurseries. Horticultural Research & Development Corporation, NSW Agriculture, Nursery Industry Association of Australia.
- Römheld, V. y Marschner, H. (1986). Mobilization of iron in the rhizosphere of different plant species. En: Tinker, B. y Läuchi, A. (Eds.). *Advance in plant nutrition* (pp. 155-204, vol. 2). Praeger Scientific.
- Roosta, H. (2011). Interaction between water alkalinity and nutrient solution pH on vegetative growth, chlorophyll fluorescence and leaf magnesium, iron, manganese and zinc concentration in lettuce. *J. Plant Nutr.* 34, 717-731. <https://doi.org/10.1080/01904167.2011.540687>
- Rutland, R. B. y Bukovac, M. J. (1971). The effect of calcium bicarbonate on iron absorption and distribution by *Chrysanthemum morifolium* (Ram.). *Plant Soil*, 35, 225-236. <https://www.jstor.org/stable/42932941>
- Rutland, R. B. (1971). Radioisotopic evidence of immobilization of iron in Azalea by excess calcium bicarbonate. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 96(5), 653-655. <https://journals.ashs.org/jashs/downloadpdf/journals/jashs/96/5/article-p653.xml>
- Salas, M. y Urrestarazu, M. (2004). Métodos de riego y fertirrigación en cultivos sin suelo. En: Urrestarazu Gavilán, M. (Dir.). *Tratado de cultivo sin suelo*. 3ª ed. (pp. 161-237). Mundi-Prensa.
- Valdez-Aguilar, L. y Reed, D. W. (2007). Response of selected greenhouse ornamental plants to alkalinity in irrigation water. *J. Plant Nutr.*, 30, 441-452. <https://doi.org/10.1080/01904160601171983>
- Valenzuela, O., Bernárdez, A., García, L. y Czepulis, J. (2016). Evaluación de la calidad del agua para riego en viveros en el partido de San Pedro, Buenos Aires. En 39º Congreso de Argentino de Horticultura. ASAHo. Santa Fe, 26 al 29 de septiembre de 2016; libro resúmenes. 201 p.
- Viney, M., Hatfield, J. y Baker, J. (2005). Micrometeorology in agricultural systems. Agronomy Monograph N° 47. Madison, Estados Unidos, ASA-CSSA-SSSA. 584 p.
- Wang, S., Van Labeke, M.C., Dhooghe, E., Van Huylbroeck, J. y Leus, L. (2023). Greenhouse Screening for pH Stress in Rhododendron Genotypes. *Horticulturae*, 9, 1302. <https://www.mdpi.com/2311-7524/9/12/1302>
- Warren Auman, C. (1996). Cultivos menores de flor de corte. En: Larson, R. A. (Ed.). *Introducción a la floricultura* (p. 179). AGT Editor S.A.
- Whipker, B., Dole, J., Cavins, T. y Gibson J. (2003). Water quality. En: Hamrick, D. (Ed.). *Ball Redbook Crop Production* (pp. 9-18). 17ª ed. Ball Publishing.
- Zettl, A. (2023). Converting colors. Converting Colors website. <https://convertingcolors.com>
- Zocchi, G. y Cocucci, S. (1990). Fe uptake mechanism in Fe efficient cucumber root. *Plant Physiology*, 92, 908-911.

