

ABATIMIENTO DE LA HUMEDAD DE UN SUSTRATO (Peat moss+ Perlita) Y TRES NIVELES DE FERTILIZACIÓN EN EL RENDIMIENTO DE FRESA

Alejandro Zermeño-González¹; Luis Armando Moreno-Ibarra¹; José Alexander Gil-Marín^{1*}; Armando Hernández-Pérez²; Homero Ramírez-Rodríguez²; Octavio Gaspar-Ramírez³

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Riego y Drenaje. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México CP. 25315.

²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Horticultura. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México CP. 25315.

³Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Subsede Noreste. Av. Innovación 404, Parque PIIT, Apodaca N.L. México CP. 66628.

Jalexgil2022@hotmail.com - Teléfono 844-590-1566 (*Autor de correspondencia)

Resumen

Pocos estudios de invernadero se han desarrollado para evaluar el efecto combinado de diferentes niveles de abatimiento de la humedad del sustrato antes de la aplicación del riego con diferentes valores de la CE de la solución nutritiva. El objetivo de este estudio se enfocó en evaluar el efecto de dos niveles de abatimiento de la humedad de un sustrato (Peat moss+ Perlita) y tres valores de CE de la solución universal de Steiner en el crecimiento, rendimiento y calidad del fruto de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) cv Albión. Se usó un diseño de parcelas divididas en bloques al azar, con cuatro repeticiones. La parcela mayor fue el abatimiento de la humedad con dos niveles 350 y 750 mL, que correspondió al 11.29 % y 24.19 % respectivamente del volumen de agua contenido en el sustrato saturado. La parcela menor consistió en tres niveles de la CE de la solución Steiner: 0.50, 0.75 y 1.00 dS m⁻¹, para un total de seis tratamientos. En las variables rendimiento, frutos/planta, peso del fruto, grados brix y vitamina C, los mayores valores se presentaron con el abatimiento de 700 mL y CE de 0.50 y 0.75 dS m⁻¹. La interacción entre los factores indica que para el abatimiento de 700 mL todas las variables muestran una tendencia creciente de la CE de 0.50 dS m⁻¹ a 0.75 dS m⁻¹ y decreciente a 1.00 dS m⁻¹; mientras que, para el abatimiento de 350 mL siempre se observa una tendencia decreciente a medida que la CE aumenta. Además, para dichas variables la combinación del abatimiento de 700 mL y la CE de 0.75 dS m⁻¹ fue el tratamiento con los valores más altos.

Palabras claves: Sustrato, solución Steiner, conductividad eléctrica.

Introducción

La fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) tiene una gran demanda en México y en muchos países desarrollados (Romero-Romano *et al.*, 2012), debido a su alto contenido de micronutrientes y antioxidantes como la vitamina C y el ácido fólico (Arriaga-López *et al.*, 2023; Aguilar-Tlatelpa *et al.*, 2019).

En 2021 México registró una producción de 442 150.81 t en una superficie de 10 149.47 ha con un rendimiento promedio de 43.56 t ha⁻¹. La producción mayor se da en los estados de Michoacán, Baja California y Guanajuato (SIAP, 2022).

Para tener un mejor control fitosanitario, la aplicación de nutrientes y uso del agua, en la producción de fresa y diversos cultivos hortícolas, se realiza en invernaderos en contenedores con sustrato (Nakro *et al.*, 2023; Ayd *et al.*, 2023). Los sustratos son materiales inertes compuestos de una o más combinaciones de diferentes materiales como: Fibra de coco, lana de piedra, peat moss, perlita, vermiculita, tezontle etc. Los sustratos deben tener alta capacidad de retención de agua, y de gran disponibilidad para las raíces de las plantas, una porosidad adecuada que permita un suministro apropiado de aire y agua para el crecimiento de las plantas (Bhat y Hussain, 2023). Debido a que el sustrato es inerte, en el agua de riego se deben aplicar los nutrimentos en las cantidades y proporciones requeridas por el cultivo (Guan *et al.* 2023). Al respecto, Steiner (1961) desarrollo un procedimiento para la formulación de una solución nutritiva para cultivos considerando la relación de iones, pH y conductividad eléctrica (CE).

Estudios previos muestran que el crecimiento y rendimiento del cultivo de fresa y diversos cultivos hortícolas dependen del pH y la CE de la solución Steiner (Hernández-Valencia *et al.* 2022; Preciado-Rangel *et al.* 2020). Valores altos de la CE pueden reducir la tasa de asimilación de CO₂ y transpiración de las plantas, por una alta absorción de Na⁺ y Cl⁻ que ocasiona un desequilibrio en la disponibilidad de los nutrientes (Wu y Kubota, 2008). Estudios realizados por González-Jiménez *et al.* (2020) en fresa (cv Festival) mostraron que cuando la CE de la solución Steiner es igual o mayor de 2.7 dS m⁻¹ la concentración foliar de P y Mg se reduce hasta 50 %, pero el contenido de vitamina C aumentó hasta 34 %.

Para un crecimiento y rendimiento óptimo de los cultivos, es necesario suministrar agua a las plantas en la cantidad requerida y el momento oportuno, para que las plantas puedan mantener una tasa de transpiración alta, que disipe la radiación solar que absorben ((Ramos-Tamayo *et al.*, 2023 y Márquez-Zambrano *et al.*, 2023). Cuando la disponibilidad de agua del sustrato decrece, la tasa de transpiración disminuye. Si el estrés hídrico es muy severo, la apertura de los estomas se reduce afectando la entrada de CO₂ a las hojas y la tasa de fotosíntesis decrece (Maldonado-Peralta *et al.*, 2022; Fischer *et al.*, 2022). Por el contrario, cuando se mantiene un nivel de humedad muy elevado del sustrato se puede afectar la disponibilidad de oxígeno para las raíces de las plantas, lo que también afecta el crecimiento y rendimiento (dos referencias). De tal forma que, en función de la sensibilidad del cultivo al déficit de agua y de oxígeno en la zona radicular, se debe mantener un rango adecuado de fluctuaciones de la humedad del suelo para un óptimo desarrollo de las plantas.

Bajo la hipótesis de que, el efecto combinado de diferentes niveles de abatimiento de la humedad del sustrato y de la conductividad eléctrica de la solución Steiner afectan el crecimiento, rendimiento y calidad de frutos de un cultivo de fresa, el objetivo de este

estudio fue evaluar el efecto de dos niveles de abatimiento de la humedad del sustrato para la reposición del agua y tres valores de CE de la solución Steiner en el rendimiento y calidad del fruto de un cultivo de fresa.

Materiales y Métodos

El estudio se desarrolló durante el ciclo otoño – invierno de 2022, en un invernadero de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, que se localiza en Buenavista, Saltillo, Coahuila, cuyas coordenadas geográficas son 25° 23' 42" N y 100° 59' 57" O, a una altitud de 1745 m.

Para el estudio se usaron plantas de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) cv Albión

Para el establecimiento y crecimiento de las plantas se usaron 24 contenedores de PVC (NMX-E-199/1) de 19.4 cm de diámetro interior y 20 cm de altura. En un extremo de cada contenedor se colocó una doble capa de malla plástica de 1 mm de diámetro, sobre la que se fijó un papel filtro (80 g/m²). Los contenedores se usaron como lisímetros de pesada por lo que, todos se igualaron al mismo peso (950 g) con pequeños discos metálicos.

En cada contenedor se depositaron 800 g (peso en seco) de un sustrato compuesto de 70 % peat moss y 30 % perlita (con base a volumen), que alcanzaron una altura de 17 cm en el contenedor, equivalente a un volumen de sustrato de 5.025 L. El peso seco promedio del contenedor y el sustrato fue 1 750 g. La máxima retención de agua del sustrato en el contenedor (sustrato saturado) fue 3 100 mL, equivalente a 616.9 mL de agua por litro de sustrato.

Tratamientos aplicados y evaluación estadística

Para evaluar el efecto del abatimiento de la humedad del sustrato antes de la aplicación del riego y la CE de la solución nutritiva (Steiner), se usó un diseño de parcelas divididas en bloques al azar, con cuatro repeticiones. La parcela mayor fue el abatimiento de la humedad con dos niveles 350 y 750 mL, que correspondió al 11.29 % y 24.19 % respectivamente del volumen de agua contenido en el sustrato saturado. La parcela menor consistió en tres niveles de la CE de la solución Steiner: 0.50, 0.75 y 1.00 dS m⁻¹, para un total de seis tratamientos (Cuadro 1). La comparación múltiple de medias de tratamientos se realizó con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$)

Cuadro 1. Tratamientos de abatimiento de la humedad antes de la aplicación del riego y CE de la solución Steiner.

Abatimiento de la humedad del sustrato (mL)	CE de la solución (dS m ⁻¹)	Tratamiento
350	0.50	T1
	0.75	T2
	1.00	T3
700	0.50	T4
	0.75	T5
	1.00	T6

Trasplante riego y fertilización

Las plántulas de fresa cv Albión se trasplantaron el 9 de junio de 2022, en los contenedores de PVC con el sustrato de peat moss y perlita (70 % y 30 % v/v). Los riegos se aplicaron por sub irrigación (ascenso capilar) colocando los contenedores dentro de cajas de plástico. La solución nutritiva se aplicó a las cajas hasta una altura de 20 cm para que la solución entrara al contenedor por la parte inferior y llegara a la superficie por ascenso capilar, de esta forma el agua (con la solución nutritiva) llena todo el espacio poroso del sustrato. Una vez saturado el sustrato la solución nutritiva contenida en la caja y el exceso drenado de los contenedores se recuperó en garrafones por medio de válvulas conectadas en la parte inferior de las cajas para su reúso y evitar el desperdicio de agua y nutrientes, y la contaminación del ambiente.

Se utilizaron soluciones nutritivas Steiner con CE de 0.50, 0.75 y 1.000 dS m⁻¹, con un pH de 6.0 a 6.5. adicionando ácido sulfúrico al 98 %. El consumo de la humedad del sustrato se determinó por la diferencia entre el peso del contenedor y sustrato saturado (4 850 g) y el consumo de la humedad del tratamiento correspondiente (350 y 750 mL), utilizando una báscula digital de 10 kg de capacidad y una precisión de 1 g.

Variables de respuesta

En cada corte se obtuvo el número de frutos por planta y al final de la cosecha se determinó el número total de frutos por planta y peso correspondiente (total de todos los cortes realizados), peso del fruto con una báscula digital de precisión. Los sólidos solubles totales se midieron con un refractómetro (Spectrum Technologies, 2801, EUA) y el contenido de vitamina C en los frutos de los diferentes tratamientos se determinó con la metodología descrita por Padayatt et al. (2001).

Resultados y Discusión

El rendimiento (g/ planta) fue 29.54 % mayor en las plantas con abatimiento de 700 mL de agua para la aplicación del riego a partir del sustrato saturado, que las plantas con abatimiento de 350 mL (Figura 1, A “factores principales”) (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Esto indica que mantener un alto nivel de agua en el sustrato puede afectar el rendimiento. Adicionalmente, el rendimiento fue igual en las CE de 0.75 y 0.50 dS m⁻¹ y a su vez fue mayor al observado en la CE de 1.00 dS m⁻¹ (Figura 1, A “factores principales”) (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Esto también indica que valores altos de la CE de la solución Steiner pueden afectar el rendimiento de las plantas. Para el abatimiento de 350 mL, el rendimiento (g/planta) muestra una tendencia decreciente con el incremento de la CE de la solución Steiner. Pero para el abatimiento de 700 mL, el rendimiento tiene una tendencia creciente de 0.50 a 0.75 dS m⁻¹ y decreciente de 0.75 a 1.00 dS m⁻¹ (Figura 1, B “interacción de factores”). Para el efecto combinado de abatimiento y CE, el rendimiento mayor se obtuvo en las plantas del tratamiento cinco (abatimiento de 700 mL y CE de 0.75) (Figura 1, C).

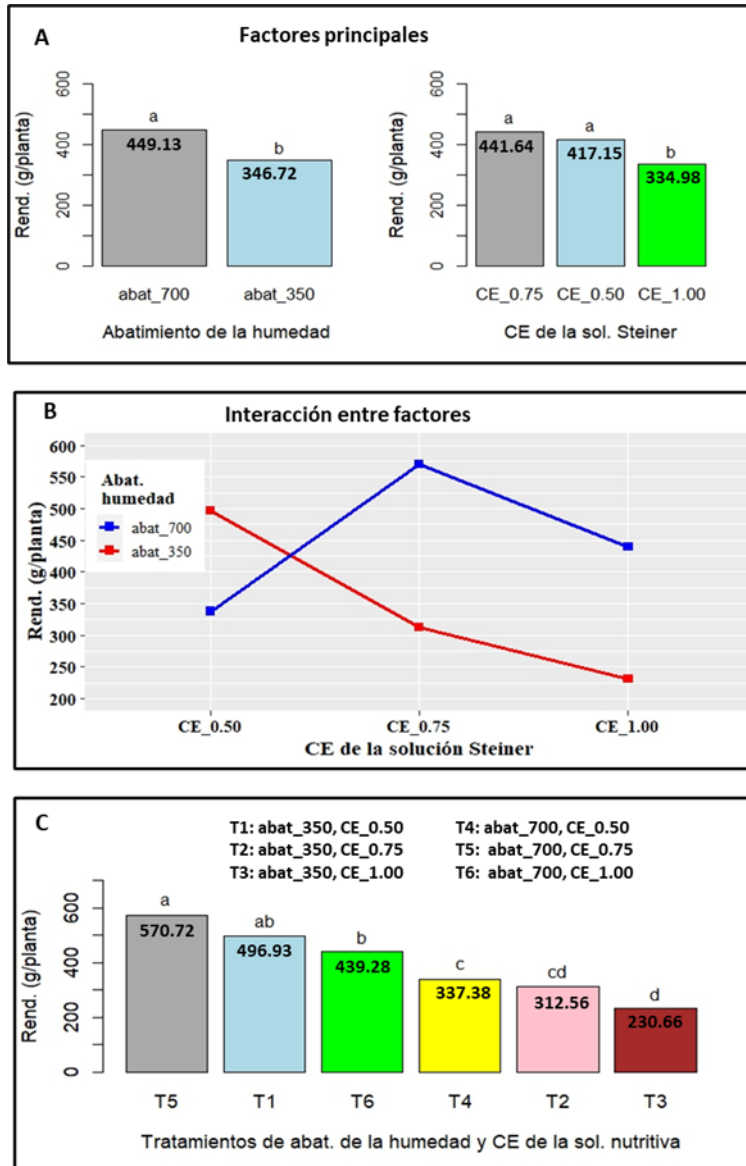


Figura 1. Efecto del abatimiento de la humedad del sustrato y la CE de la solución Steiner en el rendimiento (g/planta) del cultivo de fresa cv Albión. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

En este estudio el promedio de rendimiento observado fue de 397 g/plantas. En una investigación con tensiómetros en riego por goteo por pulsos con tratamientos a base de reposición de la humedad a tensiones de 15 y 30 kPa en plantas de fresa de los cv Monterrey y Seascape, Cormier *et al* (2020), reportaron valores de rendimientos en el rango de 360 a 441 g/planta. Para el mismo cultivar de Albión, en riego deficitario con disminuciones de 15 y 30 %, por debajo del 100% de la evapotranspiración de referencia se reportan rendimientos promedios de 260.66 g/planta, valores inferiores a los obtenidos en este estudio (Adak, 2019). Pero, trabajos realizados por Ahmed y Gad (2022) en fresa cv Festival en un sustrato de perlita y vermicompost con un nivel de riego de 100% de la evapotranspiración de referencia, obtuvieron un rendimiento de 789.67 g/planta valor

mayor al obtenido en este estudio. Los resultados de este estudio indican que la CE por encima de 0.75 dS m^{-1} afectan el rendimiento del cultivar Albión. Sin embargo, González-Jiménez et al (2020), trabajando con solución de NaCl y sulfatos de cobre y magnesio con CE de hasta 2.7 dS m^{-1} no tuvieron efecto en el rendimiento de las plantas de fresa del mismo cultivar.

El rendimiento expresado en frutos por planta también fue mayor (21.25 %) para el abatimiento de 700 ml que el observado en el abatimiento de 35 mL (Figura 2, A “factores principales”) (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Con relación a la CE de la solución nutritiva, el mayor rendimiento se observó en la CE de 0.75 dS m^{-1} , decrece a la CE de 0.50 dS m^{-1} y es menor en la CE de 1.00 dS m^{-1} (Figura 2, A “factores principales”) (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Para el abatimiento de 350 mL el rendimiento (frutos/planta) muestra una tendencia decreciente con el incremento de la CE de la solución, mientras que, para el abatimiento de 700 mL, el rendimiento tiende a aumentar cuando la CE aumenta de 0.50 a 0.75 dS m^{-1} y decrece cuando la CE aumenta a 1.00 dS m^{-1} (Figura 2, B “interacción entre factores”). Para el efecto combinado de abatimiento y CE, el rendimiento (frutos/planta) mayor se obtuvo en las plantas del tratamiento cinco (abatimiento de 700 mL y CE de 0.75 dS m^{-1}) (Tukey, $\alpha \leq 0.05$) y el menor en las del tratamiento tres (abatimiento de 350 y CE de 1.00 dS m^{-1}) (Figura 2, C).

Estos resultados sugieren que valores altos de humedad del sustrato y de la CE de la solución afectan el rendimiento de las plantas (frutos por planta). Por el contrario, Ahmed y Gad (2022) observaron que con la aplicación del riego al 100% de la evapotranspiración de referencia a plantas de fresa cv Festival se obtiene el mayor rendimiento (31 frutos/planta), mientras que con el riego aplicado al 60% de la evapotranspiración de referencia se obtienen los rendimientos menores (17 frutos/planta). Esta diferencia probablemente se debe a que el nivel de estrés hídrico correspondiente al 60% de la evapotranspiración de referencia fue mucho mayor que el inducido con el abatimiento de 700 mL de la humedad del sustrato en este estudio. Estudios realizados en fresa cv Festival el rendimiento (11.7 a 13.5 frutos/planta) no se afectó por los diferentes niveles de CE de la solución nutritiva (2.0 a 2.7 dS m^{-1}) (González-Jiménez *et al.*, 2020)

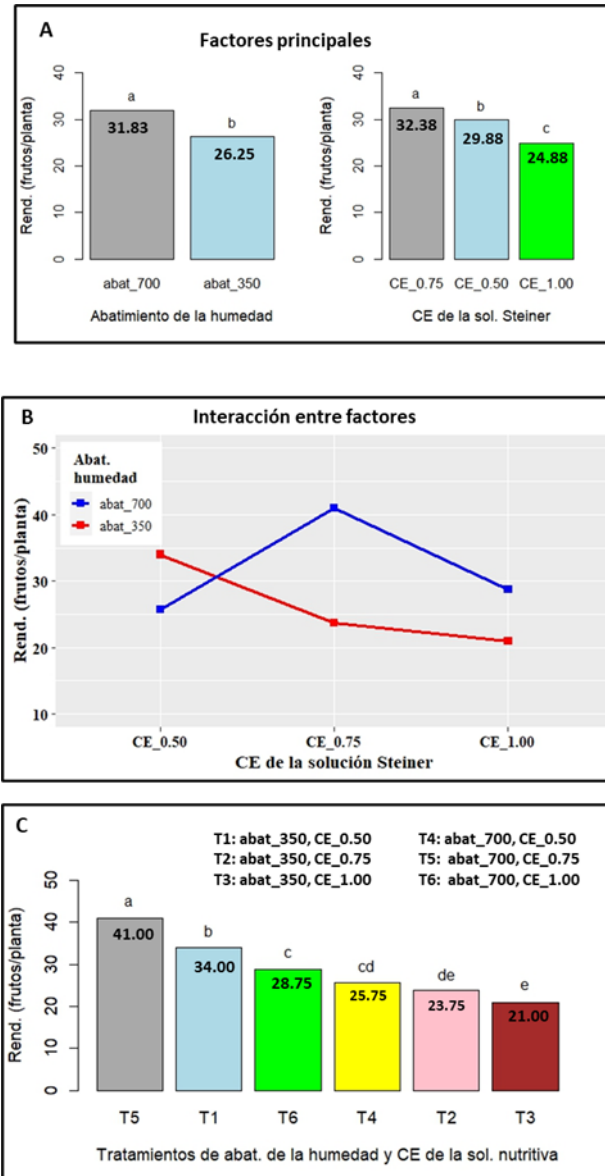


Figura 2. Efecto del abatimiento de la humedad del sustrato y la CE de la solución Steiner en el rendimiento (frutos/planta) de cultivos de fresa cv Albi3n. Medias con la misma letra son estadisticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

El peso promedio del fruto tambi3n fue mayor (14.41 %) en el abatimiento de 700 mL que en el abatimiento de 350 mL (Figura 3, A “factores principales”) (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Con relaci3n a la CE de la soluci3n nutritiva, el peso del fruto fue mayor en la CE de 0.50 dS m⁻¹, disminuye en la CE de 0.75 dS m⁻¹ y el menor peso de fruto se observa en la CE de 1.00 dS m⁻¹ (Figura 3, A “factores principales”). Para el abatimiento de 350 mL el peso del fruto muestra una tendencia decreciente con el aumento de la CE de la soluci3n, mientras que, para el abatimiento de 700 mL el peso del fruto tiende a incrementarse de la CE de 0.50 dS m⁻¹ a la de 0.75 dS m⁻¹ y a decrecer a la de 1.00 dS m⁻¹ (Figura 3, B “interacci3n entre factores”). Estos resultados muestran que el abatimiento de 700 mL y la CE de 0.50 favorecen el peso del fruto y que la mayor humedad del sustrato y de la CE de la soluci3n nutritiva afectan el peso del fruto. Para el efecto combinado de abatimiento de la humedad y la CE de la soluci3n,

el mayor peso del fruto (g) se obtuvo en las plantas del tratamiento cinco (abatimiento de 700 mL y CE de 0.75dS m⁻¹) y el menor en las del tratamiento tres (abatimiento de 350 y CE de 1.00 dS m⁻¹) (Figura 3) (Tukey, $\alpha \leq 0.05$)

Estudios previos en plantas de fresa de diferentes cultivares indican que a mayor nivel de riego el peso del fruto es más alto (Ahmed y Gad, 2022; Ameri *et al.*, 2012, Perin *et al.*, 2019). Estos resultados son diferentes a los obtenidos en este estudio. Esta diferencia se puede deber a que con el abatimiento de 700 mL de la humedad del sustrato no se ocasionó un estrés mayor, mientras que el abatimiento de 350 mL pudo inducir un déficit de oxígeno en la zona de las raíces debido a la alta frecuencia de los riegos. En cambio, en los estudios previos a pesar de la aplicación de los riegos al 100% de la evapotranspiración de referencia, la frecuencia de los riegos no fue muy alta. Para la fresa cv Festival diferentes valores de salinidad y CE de la solución no tuvieron efecto en el peso del fruto (González-Jiménez *et al* 2020). Por el contrario, los resultados de este estudio indican que el peso promedio del fruto decrece a medida que se incrementa la CE de la solución nutritiva. El efecto combinado de abatimiento y CE, mayor peso del fruto (g) se obtuvo en las plantas del tratamiento cinco (abatimiento de 700 mL y CE de 0.75dS m⁻¹) (Figura 3, C).

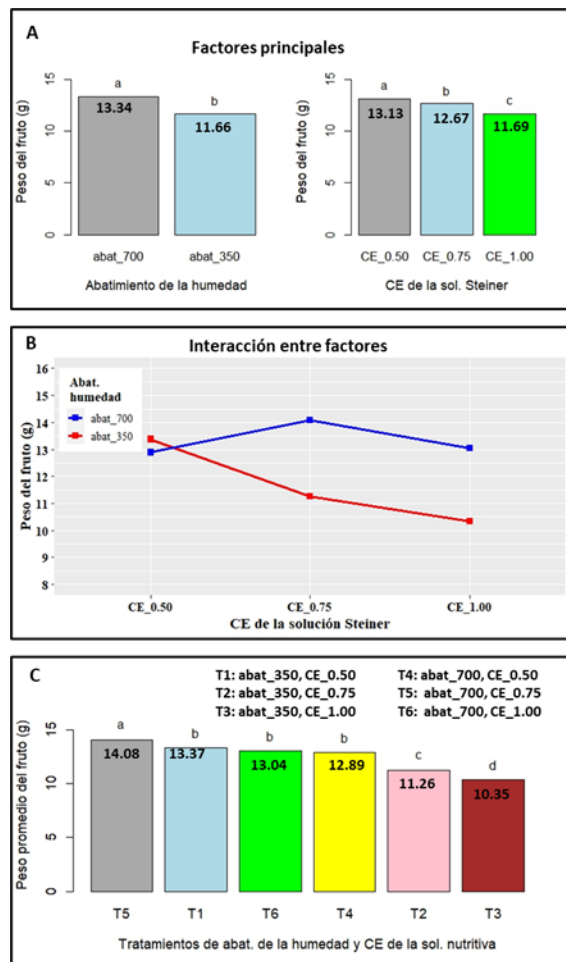


Figura 3. Efecto del abatimiento de la humedad del sustrato y la CE de la solución Steiner en el peso promedio del fruto (g) de cultivos de fresa cv Albi3n. Medias con la misma letra son estadisticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

Los grados Brix del jugo de los frutos (g/100g) fueron 8.73 % mayores en el abatimiento de 700 mL respecto a los observados en abatimiento de 350 mL (Figura 4, A “factores principales”) (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Los grados Brix fueron iguales para la CE de 1.00 y 0.50 dS m^{-1} y menores que los de la CE de 0.75 dS m^{-1} (Figura 4, A “factores principales”) (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Para el abatimiento de 350 mL los grados brix son muy similares en los tres niveles de CE de la solución nutritiva, pero para el abatimiento de 700 mL los grados Brix se incrementan notoriamente cuando la CE aumenta de 0.50 dS m^{-1} a 0.75 dS m^{-1} y decrecen claramente cuando la CE crece a 1.00 dS m^{-1} (Figura 4, B “interacción entre factores”). Estos resultados indican que al mantener un nivel de CE y humedad del sustrato moderado se favorece el aumento de los grados Brix, mientras que, una humedad del sustrato y CE de la solución Steiner alta afectan los grados Brix. Para el efecto combinado de abatimiento de la humedad y la CE de la solución nutritiva, el valor mayor de los grados Brix (g/100g) se obtuvo en las plantas del tratamiento cinco (abatimiento de 700 mL y CE de 0.75 dS m^{-1}) (Figura 4, C).

Estudios previos indican que la salinidad afecta positivamente las concentraciones de sólidos solubles totales (brix), ácidos orgánicos y azúcares, compuestos que contribuyen a mejorar el aroma y el sabor en muchas frutas (Kader 2008 y Roupael *et al* 2018). El valor óptimo de grados Brix para frutos rojos está entre 6 y 9 g/100 g. El promedio de grados Brix observados en este estudio fue de 10.40 g/100 g. valor ligeramente mayor al óptimo (Hancock, 1999). Para la fresa cv Festival los valores más altos de grados Brix se obtuvieron con los niveles de riego más altos (Ahmed y Gad, 2022). Para el mismo cultivar diferentes valores de salinidad de la solución no tuvieron efecto en los grados Brix, que fueron de un rango de 7.96 a 8.5 g/100g (González-Jiménez *et al* 2020).

El incremento de la concentración de cloruro de sodio en la solución nutritiva aumentó los grados brix y los ácidos totales en plantas de fresa de los cv Elsanta, Korona y Camarosa (Said *et al.*, 2005; Keutgen y Pawelzik, 2007 y Galli *et al.*, 2016). Sin embargo, otros estudios reportan que los grados Brix y los ácidos totales no cambian con el incremento de nivel de salinidad del agua de riego (Khayyat *et al.*, 2007; Keutgen y Pawelzik, 2007 y Jamalain *et al.*, 2008).

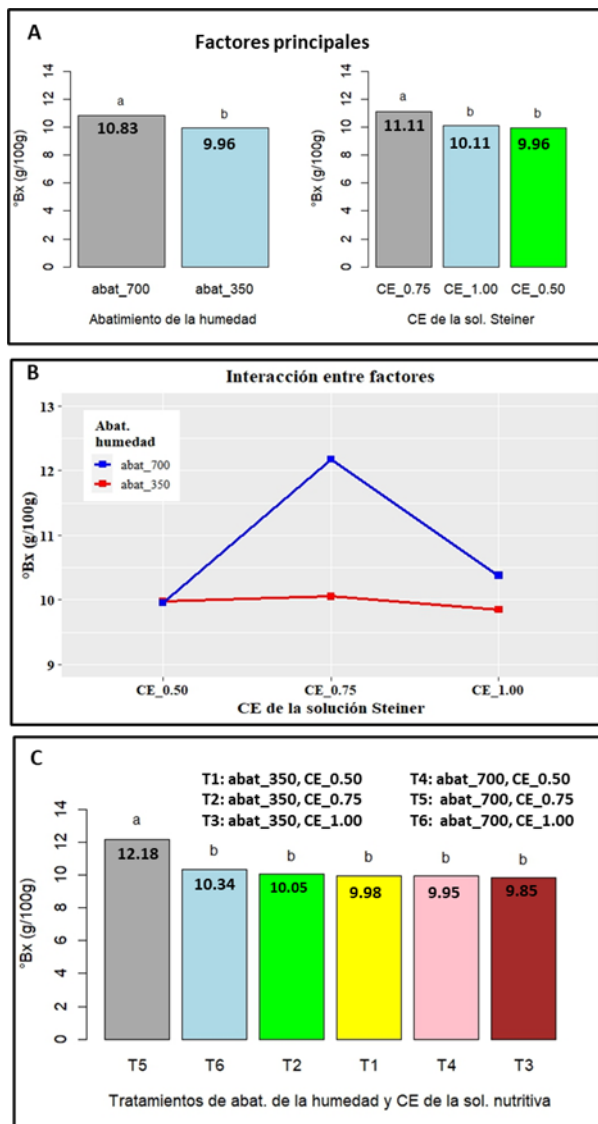


Figura 4. Efecto del abatimiento de la humedad del sustrato y la CE de la solución Steiner en los grados brix del jugo de los frutos (g/100g) de cultivos de fresa cv Albión. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

El contenido de vitamina C en los frutos (mg/100g) también fue mayor (22.56 %) en el abatimiento de la humedad de 700 mL que en el de 350 mL (Figura 5, A “factores principales”) (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Mientras que, para la CE de la solución nutritiva el contenido de vitamina C fue mayor e igual entre sí para la CE de 0.50 y 0.75 dS m⁻¹ y menor en la CE de 1.00 dS m⁻¹ (Figura 5, A “factores principales”) (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). Este resultado indica que el contenido de vitamina C se favorece con una menor humedad del sustrato y valor moderado o bajo de la CE de la solución Steiner. Para el abatimiento de la humedad del sustrato de 350 mL el contenido de vitamina C tiende a decrecer con el incremento de la CE de la solución nutritiva, mientras que, para el abatimiento de 700 mL el contenido de vitamina C tiende a incrementarse de la CE de 0.50 dS m⁻¹ a la de 0.75 dS m⁻¹ y muestra un decremento apreciable cuando la CE aumenta a 1.00 dS m⁻¹ (Figura 5, C “interacción entre factores”). Para el efecto combinado de abatimiento de la humedad

y la CE de la solución, el valor más alto de contenido de vitamina C (mg/100g) se obtuvo en las plantas del tratamiento cinco (abatimiento de 700 mL y CE de 0.75 dS m^{-1}) y el tratamiento cuatro (abatimiento de 700 mL y CE de $0.0.50 \text{ dS m}^{-1}$), y fueron mayores que los del resto de los tratamientos (Figura 5, C) (Tukey, $\alpha \leq 0.05$)

El déficit de agua puede interrumpir procesos metabólicos en plantas de fresa, incluida la biosíntesis de vitamina C. El ácido ascórbico se sintetiza en las plantas a través de reacciones enzimáticas, procesos que requieren una disponibilidad adecuada de agua. Si la disponibilidad de agua es limitada, las plantas pueden tener una reducción en la síntesis de vitamina C (Fenech *et al.*, 2019). Un estudio realizado por Medyouni *et al.*, (2021) muestra que el déficit hídrico incrementa el contenido total de carotenoides y vitamina C en los frutos de tomate, pero decrecen los niveles de azúcar soluble y los ácidos orgánicos. Sin embargo, estudios realizados por Ahmed y Gad (2022) encontraron que a mayor nivel de aplicación del riego el contenido de vitamina C es mayor (78.26 mg/100g) y decrece con el nivel menor de aplicación del riego (70.83 mg/100g); valores menores al promedio observado en este estudio (94.1 mg/100g). En este estudio se observó que cuando la CE de la solución nutritiva aumenta de 0.75 a 1.00 dS m^{-1} , el contenido de vitamina C decrece. Resultados similares fueron observados por Hernández-Valencia *et al.* (2022) en plantas de fresa cv Camino Real, cuando el contenido de vitamina C bajo de 61.5 a 56.25 mg/100g al aumentar la CE de la solución nutritiva de 1.4 a 1.7 dS m^{-1} .

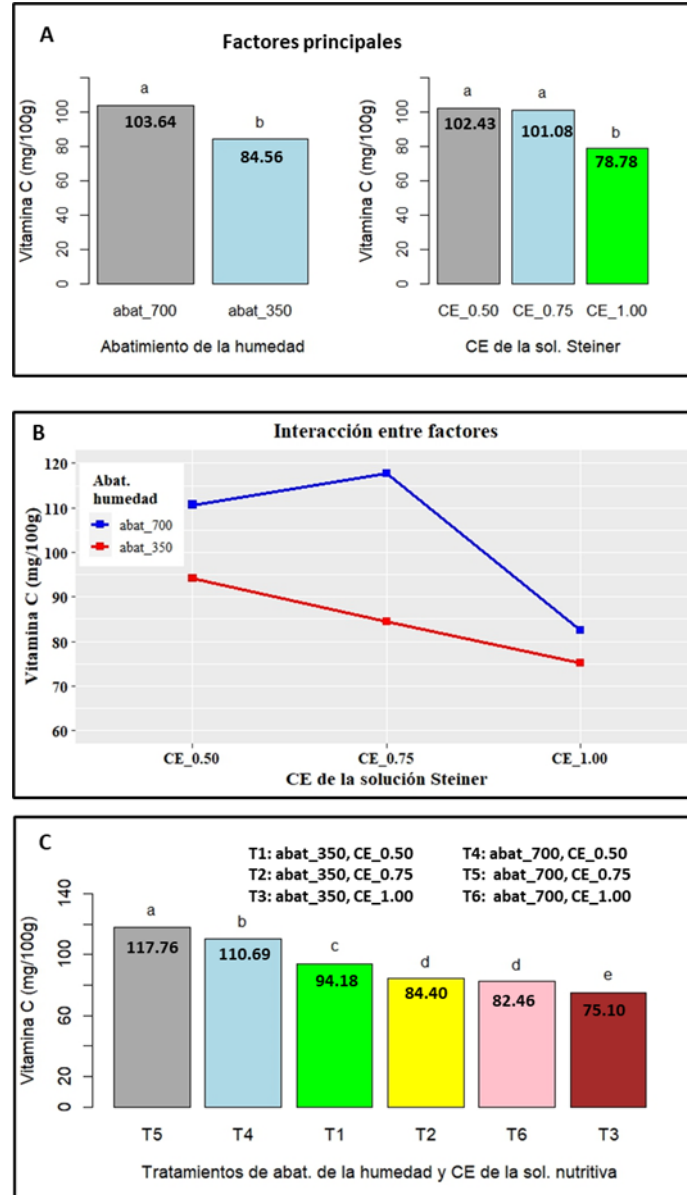


Figura 5. Efecto del abatimiento de la humedad del sustrato y la CE de la solución Steiner en el contenido de vitamina C del jugo de los frutos (mg/100g) de cultivos de fresa cv Albión. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

Conclusiones

Para el rendimiento, frutos/planta, peso del fruto, grados Brix y contenido de vitamina C, el análisis de los factores principales mostró que el valor de estas es mayor en el abatimiento de 700 mL (24.19 % de consumo del volumen del sustrato saturado), que el observado en el abatimiento de 30 mL (11.29 % del volumen de agua del sustrato saturado), y en la CE de 0.50 y 0.75 dS m⁻¹. La interacción entre los factores indica que para el abatimiento de 700 mL todas las variables muestran una tendencia creciente de

la CE de 0.50 dS m⁻¹ a la de 0.75 dS m⁻¹ y decreciente de esta a 1.00 dS m⁻¹; mientras que, para el abatimiento de 350 mL siempre se observa una tendencia decreciente. Además, para dichas variables la combinación del abatimiento de 700 mL y la CE de 0.75 dS m⁻¹ (Tratamiento cinco) fue el de los valores más altos.

Referencias Bibliográficas

- Adak, N. (2019). Efectos de las concentraciones de glicina betaína sobre las características agronómicas de la fresa cultivada en condiciones de riego deficitario. *Ecología aplicada e investigación ambiental*, 17(2), 3753-3767.
- Aguilar-Tlatelpa, M., Volke-Haller, V.H., Sánchez-García, P., Pérez-Grajales, M., Fajardo-Franco, M.L. (2019). Concentración y extracción de Macronutrientes en Cuatro Variedades de Fresa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(6), 1287-99.
- Ahmed, M., & Gad, D. (2022). Manejo del Riego de Plantas de Fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) en Condiciones de Invernadero. *Revista egipcia de investigación agrícola*, 100(4), 581-590.
- Ameri, A., Tehranifar, A., Davarynejad, G.H., Shoor, M. (2012). The effect of substrate & cultivar on quality of strawberry. *J. Biol. Environ. Sci.*, 6(17), 181-188.
- Arriaga-López, F.G., Castro-Valencia, A.M. & Macías-Martínez, R. (2023). Análisis de La Contribución Económica de la Producción de Berries en la Región Altos Sur del Estado de Jalisco, México. *Ra Ximhai*. 19(1), 43-65.
- Aydi, S., Sassi Aydi, S., Marsit, A., El Abed, N., Rahmani, R., Bouajila, J., Merah, O., Abdelly, C. (2023). Optimizing Alternative Substrate for Tomato Production in Arid Zone: Lesson from Growth, Water Relations, Chlorophyll Fluorescence, and Photosynthesis. *Plants*, 12, 1457.
- Bhat, R., Hussain, S. (2023). Effect of organic substrates on productivity and quality of strawberry, cv Chandler. *National Journal of Pharmaceutical Sciences*; 3(1), 16-19.
- Cormier, J., Depardieu, C., Letourneau, G., Boily, C., Gallichand, J., Caron, J. (2020). Tensiometer-based irrigation scheduling and water use efficiency of field-grown strawberries. *Agronomy Journal*, 112, 2581–2597.
- Eurosemillas.(2019).Albión. Principales características. <http://www.eurosemillas.com/es/variedades/fresa/item/1-albion.html>. Consultado el 12 de enero de 2023.
- FAOSTAT. (2019). The statistics division of the food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/es/#home>
- Fenech, M., Amaya, I., Valpuesta, V., Botella, M.A. (2019). Vitamin C content in fruits: Biosynthesis and regulation. *Frontiers in Plant Science*, 9(January), 1–21.
- Fischer, G., Cleves-Leguizamo, J.A., Balaguera-López, H.E. (2022). Impact of soil temperature on fruit species within climate change scenarios. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 16(1), e12769.
- Galli, V., Da Silva-Messias, R., Perin, E.C., Borowski, J.M., Bamberg, A.L., Rombaldi, C.V.(2016). Mild salt stress improves strawberry fruit quality. *LWT Food Sci. Technol.* 73, 693–699.

- González-Jiménez, S.L., Castillo-González, A.M., García-Mateos, M.R., Valdez-Aguilar, L.A., Ybarra-Moncada, C., Avitia-García, E. (2020). RESPUESTA DE FRESA CV. FESTIVAL A LA SALINIDAD. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 43 (1): 53 – 60.
- Guan, W., Haseman, D., Ingwell, L., Willden, S., Egel, D. (2023). Strawberry Production in an Elevated Bench Growing System inside a High Tunnel in Southern Indiana. *Midwest Vegetable Trial Reports*. Paper 246.
- Hancock, J.F. (1999) Strawberries. CABI Publishing. New York, USA. 237 p.
- Hernández-Valencia, R.D., Juárez-Maldonado, A., Pérez-Hernández, A., Lozano-Cavazos, C.J., Zermeño-González, A., González-Fuentes, J.A.(2022). Influencia de fertilizantes orgánicos y del silicio sobre la fisiología, el rendimiento y la calidad nutracéutica del cultivo de fresa. *Nova Scientia*, 14(28), 1-16.
- Jamalian, S., Tehranifar, A., Tafazoli, E., Eshghi, S., Davarynejad, G.H. (2008). Paclobutrazol application ameliorates the negative effect of salt stress on reproductive growth, yield, and fruit quality of strawberry plants. *Hortic. Environ. Biotechnol.* 49, 203–208.
- Keutgen, A., Pawelzik, E. (2007). Modifications of taste-relevant compounds in strawberry fruit under NaCl salinity. *Food Chem.*, 105, 1487–1494.
- Khayyat, M., Tafazoli, E., Eshghi, S., Rahemi, M., Rajaei, S. (2007). Salinity, Supplementary Calcium and Potassium Effects on Fruit Yield and Quality of Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). *Am. Eurasian J. Agric. Environ. Sci.*, 2, 539–544.
- Maldonado-Peralta, R., Cruz-Huerta, N., Ramírez-Ramírez, I., Castillo-González, F., Livera-Muñoz, M., Sandoval-Villa, M., González-Hernández, V.A. (2022). Desempeño agronómico y fisiológico de variedades nativas de tomate mexicano sometidas a deficiencias de agua y nutrientes: Performance of native varieties of Mexican tomatoes submitted to water and nutrient deficiencies. *TECNOCENCIA Chihuahua*, 16(1), e 882.