

## Uso y abuso del fertirriego. Alteración del suelo en invernaderos en la pequeña agricultura

---

Diego Huerta-Naveda<sup>1</sup>  
Arturo Galvis-Spinola<sup>1,§</sup>  
Teresa Marcela Hernández-Mendoza<sup>2</sup>  
Julián Delgadillo-Martínez<sup>1</sup>

1 Edafología-Campus Montecillo-Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP. 56264.

2 Departamento de Irrigación-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México. CP. 56230.

Autor para correspondencia: [galvis@colpos.mx](mailto:galvis@colpos.mx).

---

### Resumen

La agricultura protegida coadyuva a mejorar la productividad agrícola, pero si el manejo no es el adecuado, incrementará el riesgo de afectar al ambiente y la rentabilidad de los cultivos. Por lo anterior, en el municipio de Tetela de Ocampo, Puebla, durante 2021 se evaluó el ambiente químico del suelo en invernaderos de la región que emplean el fertirriego. Para identificar los pormenores de las actividades agrícolas, se aplicó un cuestionario elaborado *ex profeso* a agricultores cooperantes, colectando una muestra de suelo compuesta (cinco submuestras) por unidad de producción evaluada y se incluyeron terrenos sin cultivar como referencia de la condición inicial. El análisis de las muestras se basó en la NOM-021-RECNAT-2000 (NOM). El rendimiento promedio anual de jitomate es de  $31 \pm 7.6 \text{ kg m}^{-2}$  y 87% de los invernaderos tienen una superficie inferior a 3 000 m<sup>2</sup>. Cuentan con asistencia técnica provista por empresas y particulares, que incluyen cursos de capacitación y análisis periódico del suelo. En este estudio se detectaron en el suelo niveles excesivos de todos los indicadores químicos establecidos en la NOM; sin embargo, continúa el mismo programa de fertilización que se realiza desde hace varios años en la región.

### Palabras clave:

ambiente químico edáfico, fertilizantes, jitomate, productividad.

---



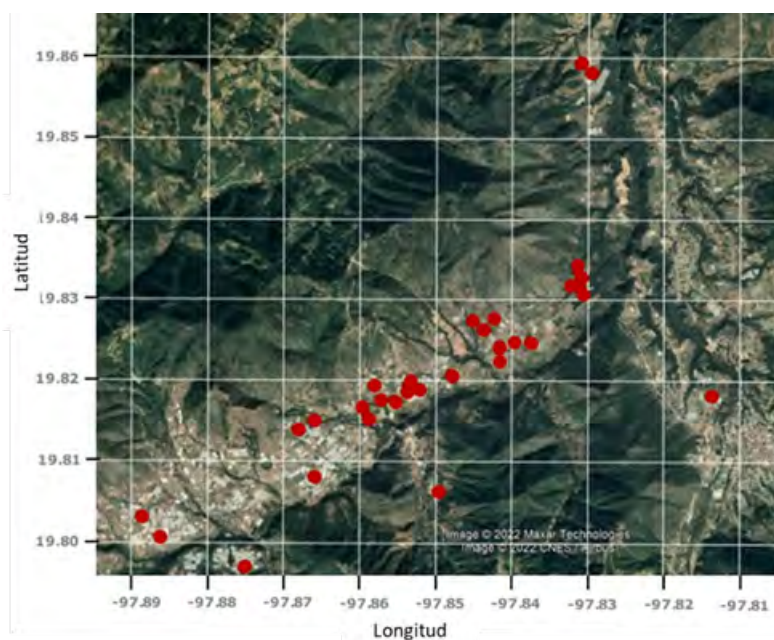
License (open-access): Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia **Creative Commons**

La producción hortícola en invernadero es una alternativa tecnológica que puede ser exitosa incluso en unidades pequeñas de producción si se conduce apropiadamente. Por ejemplo, a través del fertirriego es posible optimizar la aplicación de nutrientes, pero el exceso incrementa la concentración de sales en el suelo (Zörb *et al.*, 2019) y afecta el ambiente (Yasuor *et al.*, 2020). Por ello, el objetivo del presente trabajo consistió en evaluar el efecto del fertirriego sobre la fertilidad del suelo y la productividad del jitomate bajo invernadero en la pequeña agricultura del municipio de Tetela de Ocampo, Puebla.

En el área de estudio la familia es la estructura productiva central y, por su mayor rentabilidad, se dedica a la agricultura protegida desde hace 16 años en sustitución de la de tipo extensivo. La región es templado húmeda con lluvias de 600 a 1 600 mm al año, temperatura media anual de 12 °C a 18 °C y suelos Luvisoles, que ocupan 81% de los terrenos de la región (INEGI, 2009). Con estos suelos se construyen las camas de siembra de cada invernadero.

La evaluación del efecto del manejo del fertirriego sobre la fertilidad del suelo y productividad del jitomate se realizó con base en la metodología propuesta por Hernández-Mendoza y Galvis-Spinola (2017), esto es: 1) recorrer la zona para detectar las condiciones ambientales; 2) a partir de una encuesta, identificar la problemática de la región, aplicando a cada agricultor un cuestionario elaborado *ex profeso*; 3) diagnosticar la condición actual del suelo con base en su análisis en el laboratorio; y 4) relacionar las prácticas agrícolas de manejo con la información de la región y la evaluación de los suelos. En este caso se empleó una muestra de 30 agricultores (Figura 1), que equivale a 10% del total (95% de confianza y 1% de margen de error).

**Figura 1. Ubicación de los invernaderos propiedad de los agricultores cooperantes en el municipio de Tetela de Ocampo, Puebla. Imagen de satélite tomada de Google Earth Versión 9.155.0.2.**



El cuestionario consistió en 36 preguntas cerradas y de opción múltiple, lo que permitió conocer la superficie de cada invernadero, años de uso, rendimiento y calidad del cultivo, temporadas por año, capacitación, asesoría técnica, desórdenes no nutrimentales, insumos empleados, dosis y épocas de aplicación, manejo del riego, uso y frecuencia de análisis del suelo, corrección de problemas y manejo de enmiendas.

El muestreo del suelo se hizo con base en la NOM (2002) y en cada invernadero se colectaron cinco submuestras a 0-20 cm de profundidad para formar una muestra compuesta, tomadas a mitad de la cama de siembra y evitando la línea de goteo. Se incluyeron terrenos sin cultivar como referencia de la condición original. Los análisis se realizaron en los laboratorios del Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo siguiendo la NOM (2002). Se determinó pH, materia orgánica, nitrógeno inorgánico, conductividad eléctrica, nitrato, amonio, textura, fósforo, potasio, bases intercambiables y sus respectivas formas solubles.

La información de la encuesta y de los análisis de laboratorio se evaluaron a partir de los estadísticos descriptivos media y desviación estándar, distribución de frecuencias, correlación y regresión simple. La superficie de los invernaderos varía de 1 000 a 11 000 m<sup>2</sup> (87% de ellos menores a 3 000 m<sup>2</sup>) con 16 años de uso como máximo. De los productores, 27% tiene # 4 años o en la agricultura protegida y 40% > 8 años. 87% contrata asesoría técnica con empresas (17%) agrónomos independientes (70%), 53% se capacita y hace análisis periódico de sus suelos; sin embargo, las decisiones técnicas recaen en los asesores, porque 63% de los agricultores reconoce desconocer los insumos que se aplican en su invernadero.

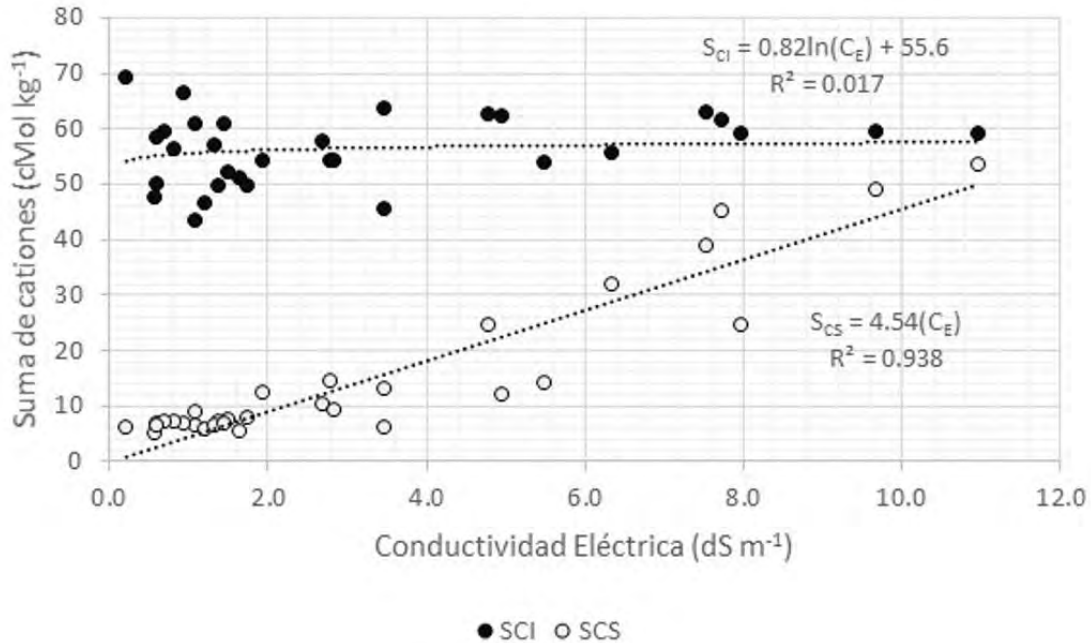
El jitomate se cultiva en dos ciclos por año con rendimiento promedio anual de 31 ±7.6 kg m<sup>-2</sup>. En 63% la productividad fluctúa de 14 a 16 kg m<sup>-2</sup> por ciclo, lo que atribuyen a algún factor limitante que aún no han identificado, razón por la cual en 90% de las unidades se aplican enmiendas como medidas preventivas para revertir dicha situación, incluso sin saber qué tratan de resolver.

En 80% de los suelos predomina la fracción arcillosa. El pH nativo es de 6.1 y coincide con 13% de los invernaderos, porque en 47% es menor (pH de 4.2 a 5.9) y en 40% mayor (pH de 6.3 a 7.8). Esto se explicaría con lo reportado por Barak *et al.* (1997), quienes aseveran que la perturbación química se asocia a la intensidad, frecuencia y tipo de fertilizantes empleados. Hay 1.3% de materia orgánica en los terrenos no cultivados y en 87% de los invernaderos va de 2 a 6.5%, lo que es congruente con el uso continuo de insumos orgánicos de la zona, que coincide con Mundo-Coxca *et al.* (2020) para la misma región.

La conductividad eléctrica (C<sub>E</sub>) en las áreas sin actividad agrícola es de 0.2 dS m<sup>-1</sup>, mientras que en 53% de las zonas cultivadas varían de 0.5 a 2.5 dS m<sup>-1</sup> y en 47% superó los 3 dS m<sup>-1</sup> que, según Sánchez-González *et al.* (2014) ya afectaría la productividad del jitomate. En la Figura 2 se presenta la tendencia entre la C<sub>E</sub> y los cationes básicos en sus formas intercambiables y solubles.



Figura 2. Tendencia de la conductividad eléctrica ( $C_E$ ) con la suma de los cationes básicos en su forma intercambiable ( $S_{CI}$ ) y soluble ( $S_{CS}$ ), de los suelos de invernaderos de Tetela de Ocampo, Puebla.



La  $C_E$  está estrechamente asociada con las especies iónicas de la solución del suelo, pero no con las intercambiables, situación similar a lo observado por Coitiño-López *et al.* (2015) quienes emplearon estas comparaciones para caracterizar recursos agroecológicos. En el Cuadro 1 se correlacionó la  $C_E$  con las diferentes especies iónicas para dilucidar qué influencia tienen sobre el uso de insumos en la región.

Cuadro 1. Coeficientes de correlación de Pearson significativos ( $p < 0.05$ ) entre conductividad eléctrica ( $C_E$ ) y las especies iónicas analizadas en suelos en invernaderos de Tetela de Ocampo, Puebla

	Ca <sub>i</sub>	Mg <sub>i</sub>	K <sub>i</sub>	Na <sub>i</sub>	Ca <sub>s</sub>	Mg <sub>s</sub>	K <sub>s</sub>	Na <sub>s</sub>	Ni	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	P
$C_E$	-0.51	ns	ns	0.82	0.9	0.88	0.5	0.91	0.94	0.96	Ns	ns

\* = cationes básicos, cMol kg<sup>-1</sup> (I= intercambiable; S= soluble). \*\* = en mg kg<sup>-1</sup>; Ni= nitrógeno inorgánico; NO<sub>3</sub>= nitrato; NH<sub>4</sub>= amonio; P= fósforo (P); ns= no significativo.

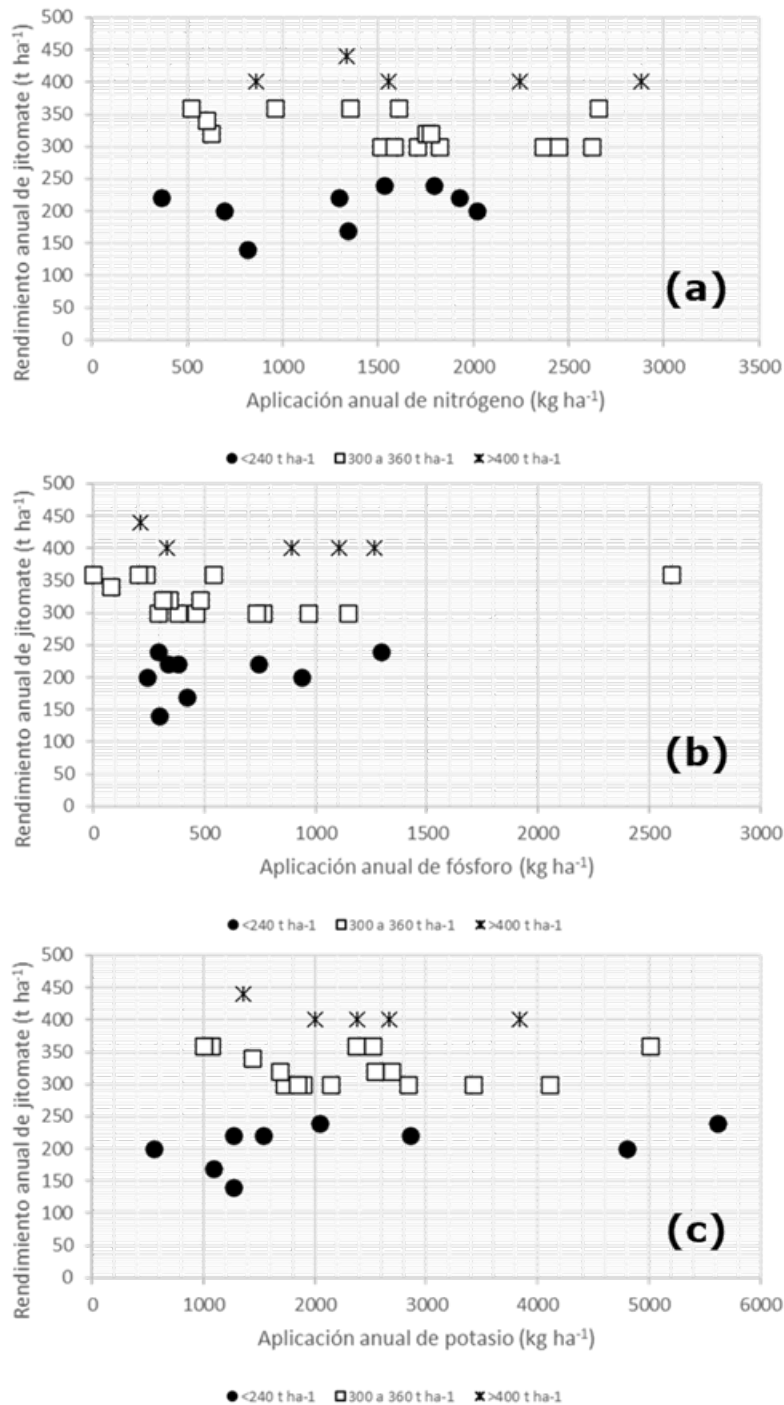


El fósforo no modificó la concentración de sales en la solución del suelo, lo que se explica por la reacción entre sus formas iónicas y la fase sólida edáfica, quienes restringen su movilidad y concentración en el medio acuoso (Barrow, 1978). En todos los casos se rebasó el límite 'alto' de los cationes básicos de la NOM (2002), lo que se atribuye a la naturaleza arcillosa de los suelos. La correlación fue significativa ( $p > 0.05$ ) entre especies intercambiables y solubles para potasio ( $r = 0.9$ ) y sodio ( $r = 0.92$ ).

Los nutrientes se aplican diariamente a través de cintillas con fertilizantes químicos más insumos orgánicos en 10% de los casos. Predomina el nitrato de calcio (27%), sulfato de potasio (17%), nitrato de potasio (14%) y sulfato de magnesio (13%) en dosis promedio de 0.79, 0.51, 0.41 y 0.39 kg m<sup>-2</sup>, respectivamente. La mayor tasa es de 1.14 kg m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> durante el periodo de cortes de frutos comercializables. La inyección de fertilizantes es de 9 kg m<sup>-2</sup> por ciclo y fluctúa de  $\leq 8$  kg m<sup>-2</sup> en 63% de los invernaderos a ( 20 kg m<sup>-2</sup> en 23% de ellos. En la Figura 3 se presenta la producción anual de jitomate y la dosis de nitrógeno, fósforo y potasio que se aplican al año, en cada invernadero evaluado en la zona de estudio.



Figura 3. Producción anual de jitomate y dosis de nitrógeno (a), fósforo (b) y potasio (c) que se aplican al año, en cada invernadero evaluado en Tetela de Ocampo, Puebla



El nitrógeno inorgánico del suelo fue  $<10 \text{ mg kg}^{-1}$  en 57% de los casos, lo cual puede deberse a su movilidad y transformación en el suelo (Cameron *et al.*, 2013). En los invernaderos donde se colectan muestras de suelo para su análisis químico periódico se reporta de manera recurrente el exceso de calcio y magnesio. A pesar de ello, el nitrato de calcio y el sulfato de magnesio son

las fuentes preferidas por los agricultores. Para fósforo y potasio ocurre algo similar, pues se siguen aplicando de manera cotidiana sin efecto favorable entre el rendimiento del jitomate y la cantidad de nutrientes adicionados.

El rendimiento anual fluctuó entre 14 y 44 kg m<sup>-2</sup>, en 30% de los invernaderos se obtienen #24 kg m<sup>-2</sup>, en 53% 33 kg m<sup>-2</sup> y en 17% >40 kg m<sup>-2</sup>. De acuerdo con el gobierno federal (SIAP, 2021) la región se ubicaría en el 6° lugar a nivel nacional en productividad. Al respecto, de acuerdo con los resultados mostrados en la figura en discusión, la fertilización no explica la variación de la cantidad de producto cosechado. Algo similar a esta situación ocurrió en China (Ju *et al.*, 2011) razón por la cual esos autores evaluaron la eficiencia de uso del nitrógeno en jitomate bajo invernadero, en la que se recuperó 18% de lo aplicado y el resto se lixivió, lo que explicaría por qué no se afectó el rendimiento del cultivo.

En este estudio el fósforo fluctuó de 47 a 560 mg kg<sup>-1</sup> y el potasio de 429 a 2 291 mg kg<sup>-1</sup> como consecuencia de su aplicación continua y a que las formas iónicas del fósforo (Barrow, 1978) y potasio (Griffioen, 2001) participan en reacciones que propician su acumulación en el medio edáfico. Ambos casos exceden los niveles más altos de la NOM (2002), que para fósforo es de 11 mg kg<sup>-1</sup> y 235 mg kg<sup>-1</sup> para potasio.

## Conclusiones

La metodología empleada en el presente estudio permitió detectar y caracterizar el manejo agrícola que se lleva a cabo en los invernaderos en la pequeña agricultura del municipio de Tetela de Ocampo, Puebla. La superficie de cada unidad de producción es menor a 3 000 m<sup>2</sup> en 87% de los invernaderos estudiados, cuentan con asesoría, análisis periódico del suelo y capacitación a productores. El uso intensivo de insumos incrementó la materia orgánica edáfica y favoreció la acumulación de nutrientes del suelo, rebasando lo establecido en la normatividad mexicana (NOM, 2002). La productividad promedio anual del jitomate se mantiene sin cambios en 31 kg m<sup>-2</sup>, lo mismo ocurre con la programación y uso de los fertilizantes.

## Bibliografía

- 1 Barak, P.; Jobe, B. O.; Krueger, A. R.; Peterson, L. A. and Laird, D. A. 1997. Effects of long-term soil acidification due to nitrogen fertilizer inputs in Wisconsin. *Plant Soil*. 197(1):61-69. <https://www.jstor.org/stable/42948199>.
- 2 Barrow, N. J. 1978. The description of phosphate adsorption curves. *J. Soil Sci.* 29(4):447-462. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1978.tb00794.x>.
- 3 Cameron, K. C.; Di, H. J. and Moir, J. L. 2013. Nitrogen losses from the soil/plant system: a review. *Ann. Appl. Biol.* 162(2):145-173. <https://doi.org/10.1111/aab.12014>.
- 4 Coitiño-López, J.; Barbazán, M. y Ernst, O. 2015. Conductividad eléctrica aparente para delimitar zonas de manejo en un suelo agrícola con reducida variabilidad en propiedades físicoquímicas. *Agrociencia Uruguay*. 19(1):102-111. [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S230115482015000100012&lng=es&tlng=pt](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S230115482015000100012&lng=es&tlng=pt).
- 5 Griffioen, J. 2001. Potassium adsorption ratios as an indicator for the fate of agricultural potassium in groundwater. *J. Hydrol.* 254(1-4):244-254. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(01\)00503-0](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00503-0).
- 6 Hernández-Mendoza, T. M. y Galvis-Spinola, A. 2017. Productividad de la caña de azúcar por régimen hídrico y uso de fertilizantes en suelos someros. *Interciencia*. 42(4):218-223. <https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2017/08/218-5856-hernandez-42-4.pdf>.
- 7 INEGI. 2009. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Prontuario de información geográfica nacional. <https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos-geograficos/21/21172.pdf>.

- 8 Ju, M.; Xu, Z.; Wei-Ming, S.; Guang-Xi, X. and Zhao-Liang, Z. 2011. Nitrogen balance and loss in a greenhouse vegetable system in southeastern China. *Pedosphere*. 21(4):464-472. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(11\)60148-3](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(11)60148-3).
- 9 Mundo-Coxca, M.; Jaramillo-Villanueva, J. L.; Morales-Jiménez, J.; Macías-López, A. y Ocampo-Mendoza, J. 2020. Caracterización tecnológica de las unidades de producción de tomate bajo invernadero en Puebla. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 11(5):979-992. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i5.2010>.
- 10 NOM. 2002. Norma Oficial Mexicana. NOM-021-RECNAT-2000 establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Diario oficial de la federación. <http://dof.gob.mx/nota-detalle.php?codigo=756861&fecha=07/12/200>.
- 11 Sánchez-González, M. J.; Sánchez-Guerrero, M. C.; Medrano, E.; Porras, M. E.; Baeza, E. J.; García, M. L. y Lorenzo, P. 2014. Efectos de la salinidad y el enriquecimiento carbónico en invernadero sobre la bioproductividad y el contenido de nutrientes en un cultivo de tomate híbrido Raf (cv. Delizia). *Acta Hortic.* 66:78-84. <http://www.sech.info/ACTAS/index.php?d=main>.
- 12 SIAP. 2021. Sistema de información agrícola y pesquera. Producción anual agrícola. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>.
- 13 Yasuor, H.; Yermiyahu, U. and Ben-Gal, A. 2020. Consequences of irrigation and fertigation of vegetable crops with variable quality water: Israel as a case study. *Agric. Water Manag.* 242:106362. 10 p. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106362>.
- 14 Zörb, C.; Geilfus, C. M. and Dietz, K. J. 2019. Salinity and crop yield. *Plant biology*. 21:31-38. <https://doi.org/10.1111/plb.12884>.





## Uso y abuso del fertirriego. Alteración del suelo en invernaderos en la pequeña agricultura

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 July 2023
Date accepted: 01 August 2023
Publication date: 08 September 2023
Publication date: August 2023
Volume: 14
Issue: 6
Electronic Location Identifier: e3112
DOI: 10.29312/remexca.v14i6.3112

### Categories

Subject: Nota de investigación

### Palabras clave:

**Palabras clave:**

ambiente químico edáfico  
fertilizantes  
jitomate  
productividad.

### Counts

Figures: 3

Tables: 1

Equations: 0

References: 14

Pages: 0