

ESTUDIO DE LOS NIVELES DE LIXIVIACIÓN DE NITRATOS EN PIMIENTO DE INVERNADERO

**JUAN CÁNOVAS CUENCA
EULOGIO MOLINA NAVARRO
JOAQUÍN NAVARRO SÁNCHEZ**

**Centro de Investigación y Desarrollo Agroalimentario
LA ALBERCA (Murcia)**

FRANCISCO E. VICENTE CONESA

**Oficina Comarcal Agraria
MAR MENOR (Cartagena)**

**PLÁCIDO VARÓ VICEDO
NATALIO ALCARAZ ALONSO
M^a CARMEN GÓMEZ HERNÁNDEZ**

**Centro Integrado de Formación y Experiencias Agrarias
Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente
TORRE PACHECO (Murcia)**

RESUMEN

Por la importancia de los efectos que conlleva la contaminación por nitratos en las aguas subterráneas, su interés en la sanidad de los alimentos y el innecesario gasto que supone el exceso de abonado nitrogenado, se planteó en 1998 la realización del proyecto de investigación con el título «Estudio de lixiviación de nitratos en un cultivo de pimiento bajo invernadero para prevenir la contaminación de las aguas subterráneas», que ha terminado en el año 2001 y ha sido financiado por el I.N.I.A., con el objetivo de profundizar en el conocimiento de aspectos medioambientales asociados a este tipo de agricultura.

Como soporte del ensayo se utilizó un invernadero ubicado en la Comarca del Campo de Cartagena, en el que se ensayó uno de los cultivos más representativos de la zona, el cultivo de pimiento grueso bajo invernadero (tipo «Lamuyo», cultivar «Herminio»), cultivo que ocupa en esta Comarca una extensión de más de 1.200 ha, demanda más de 1,5

millones de jornales al año y participa en la producción final agraria de la Región de Murcia en una cantidad superior a 7.000 millones de pesetas al año (AMOPA, 2000).

Alcanzar una gestión eficiente de los nutrientes utilizados constituye una prioridad básica de la agricultura en los países del área mediterránea y más en la horticultura intensiva que, por sus propias características, constituye una actividad fuertemente consumidora de fertilizantes, entre otros insumos. La eficiencia en el uso de este recurso con frecuencia es baja y de ello se derivan efectos contaminantes asociados a la lixiviación de nitratos, que adquieren niveles graves en áreas de elevada concentración de cultivos intensivos. Todo ello justifica que el mantenimiento de la productividad del cultivo en condiciones de efecto mínimo sobre el medio ambiente sea un objetivo deseable y necesario desde el punto de vista socio-económico. Para conseguir este objetivo es necesario disponer de información científico-técnica necesaria que permita optimizar las dosis de abonado nitrogenado en función de su eficiencia y del riesgo de contaminación de las aguas subterráneas, lo que constituye el objetivo general del proyecto de investigación.

Se realizaron plantaciones de pimiento grueso bajo invernadero, cultivar «Herminio» en diciembre de 1998, 1999 y 2000, aplicando las técnicas de cultivo habituales en la zona y teniendo como única variable el abonado nitrogenado. Se aplicaron 4 tratamientos correspondientes a 4 dosis de abonado nitrogenado, que expresadas en gr. totales de nitrato cálcico por m² y su equivalente en gr. de nitrógeno por m² se reflejan en la tabla n.º 1.

Los resultados obtenidos indican que las dosis normalmente utilizadas en la Comarca en pimiento grueso bajo invernadero superan las cantidades de abono nitrogenado necesarias para obtener una cosecha normal, ya que los cuatro tratamientos ensayados no presentan diferencias en cuanto a la cantidad y calidad de las cosechas, incluido el que no se le aplicó abonado mineral nitrogenado. Estas dosis en las condiciones del ensayo afectan a la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, poniéndose de manifiesto cómo un exceso en el abonado nitrogenado conlleva pérdidas por lixiviación casi cuatro veces mayores que en los tratamientos menos abonados.

INTRODUCCIÓN

La agricultura intensiva mediterránea para ser competitiva necesita alcanzar una producción mayor y de mejor calidad con un ahorro de mano de obra y una limitación en los costes de producción, lo que se traduce en unas adecuadas técnicas culturales: material vegetal, tratamientos fitosanitarios, mecanización y fertilización. En este contexto muchos agricultores han creído que a mayores dosis de fertilizantes conseguirán mejores rendimientos, lo que les ha llevado a una sobredosisificación de los mismos. Esta práctica se ha visto favorecida por el bajo costo de los fertilizantes, que en invernaderos de Almería no llegan al 10% de los gastos totales del cultivo (López-Gálvez *et al.*, 1994).

La contaminación por nitratos es un efecto atribuido a la actividad agraria que es objeto de acciones preventivas y correctoras emanadas de la política medioambiental de la Unión Europea. La Directiva 91/676/CEE, del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en agricultura prevé el establecimiento de programas de acción respecto de las zonas vulnerables que deberán tener en cuenta los datos científicos y técnicos de que se disponga, principalmente con referencia a las respectivas aportaciones de nitrógeno procedentes de fuentes agrarias o de otro tipo. Esta exigencia se trasladó al derecho interno español mediante el Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, que preveía la promulga-

ción de códigos de buenas prácticas agrarias que determinen los procedimientos para la aplicación a las tierras de fertilizantes químicos y estiércol que mantengan las pérdidas de nutrientes en las aguas a un nivel aceptable, considerando tanto la periodicidad como la uniformidad de la aplicación.

Las pérdidas de nitratos pueden suponer graves daños ecológicos, como la eutrofización de aguas. Tanto las aguas como los tejidos vegetales con elevada presencia de nitratos no son recomendables en la dieta humana, no debiendo destinarse a niños de corta edad (Arce *et al.*, 1993), desde hace tiempo hay establecidos límites legales en algunos países para el contenido de nitratos en alimentos infantiles de origen vegetal (European Community. Written Question n.º 337/83, 1984) y se ha sugerido también que el nitrato favorece el riesgo de formación de nitrosaminas, sustancias con poder cancerígeno comprobado (Hernando, 1989).

Además el Instituto Tecnológico Geominero de España ha señalado la unidad hidrogeológica 07.31 (Campo de Cartagena) como una de las más sensibles a la contaminación por nitratos dentro de la Región de Murcia. De hecho el Mar Menor se ha incluido en el catálogo de áreas sensibles por la contaminación de nitratos.

Por la importancia de todas estas inquietudes en el contexto de una agricultura intensiva mediterránea, se planteó el presente proyecto de investigación, desarrollado en el Centro Integrado de Formación y Experiencias Agrarias de Torre-Pacheco (Murcia), cuya principal finalidad es la de obtener datos reales sobre las pérdidas por lixiviación de nitratos en un cultivo de pimiento grueso bajo invernadero en el Campo de Cartagena, a fin de prevenir la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Los resultados obtenidos constituirán una información básica para estudiar el comportamiento de los nitratos en estas condiciones de cultivo, en el suelo y el agua de drenaje, en función de las dosis aplicadas, y establecer recomendaciones de uso en el ámbito de una agricultura respetuosa con el medio ambiente.

MATERIAL Y METODOS

Condiciones medioambientales de los ensayos

La infraestructura fundamental del ensayo es un conjunto de ocho lisímetros de drenaje de 7,80 x 6,65 m² cada uno, bajo invernadero tipo capilla recubierto de PE de 800 galgas de espesor, con altura mínima 3,5 m., situado en la finca del C.I.F.E.A. de Torre-Pacheco, en el Campo de Cartagena. Se instalaron de forma que el perfil del suelo en cada uno de ellos estuviera constituido por los mismos horizontes que el suelo natural, en el que predomina la textura franco-arcillosa, alta capacidad de cambio, materia orgánica algo superior al 2% y escasa salinidad.

Las características medias de los suelos empleados en el ensayo y las consideraciones tenidas en cuenta al realizar el abonado son las siguientes:

- Textura arcillosa (>30% de arcilla), lo que implica alta capacidad de retención de agua y una elevada capacidad de intercambio catiónico.
- PH alcalino (>7,6), lo que indica una óptima disponibilidad de nutrientes como el N, K, S, Ca y Mg y menor disponibilidad de P, Fe, Mn, Zn, Bo y Cu.
- Respecto a la estructura, al ser un suelo alterado por su extracción para construir el lisímetro en 1997, se ha tratado de aumentar la estabilidad de los agregados año-

- diendo materia orgánica, evitando abonos con sodio que disperse los coloides, evitando laboreo con falta de tempero y tratando de no dar riegos abundantes.
- Para la media de las muestras de suelo, la relación Ca/Mg está entre 1,5 y 2 y la relación K/Mg alrededor de 0,2, lo que indica que no va a haber carencias de Mg por efecto antagónico del Ca o K.
 - En lo que se refiere a la cal, el contenido óptimo de caliza total en un suelo arcilloso está entre el 10 y 20% y en los suelos del ensayo este ronda el 38%. No obstante por su efecto favorable sobre la estructura del suelo, se va a abonar con nitrato cálcico.
 - El contenido de materia orgánica medio está en torno al 2% en los perfiles del lisímetro, lo que es algo bajo para tratarse de un suelo arcilloso. Da lugar a una relación C/N en torno a 9, que está por debajo de lo normal y puede suponer excesiva liberación de N. La materia orgánica aportada trata de compensar las pérdidas de humus destruido.
 - En lo que se refiere a la conductividad eléctrica, ésta es algo mayor en los horizontes superficiales, dónde varía de 4,5 a 7,5 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, que en los horizontes profundos, dónde va de 2,5 a 5. Según esto se puede clasificar el suelo como ligeramente salino, pudiendo producirse para el cultivo una reducción del 25% en los rendimientos en estas condiciones (FAO, 1980). No obstante, como la CE del agua de riego es baja ($1 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$) y se trata de riego localizado de alta frecuencia, no se cree que la salinidad del suelo afecte significativamente a la producción, ya que el pimiento está considerado sólo como moderadamente sensible (Maas y Hoffman, 1977).
 - La cantidad de N en el suelo está en torno al 0,15 %, lo que se sitúa dentro de los intervalos normales para este tipo de suelos. Para un contenido de materia orgánica del 2% y más del 20% de caliza, se estima una aportación de N por la materia orgánica del suelo de unos 25 kg/ha ($2,5 \text{ g/m}^2$), a los que habría que añadir el aportado por el estiércol del año.

El agua de riego fue suministrada por la Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena, procede del Trasvase Tajo-Segura y tiene una CE media de $1,09 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ y un contenido de sales solubles de 0,82 g/l, de ellas 2,2 mg/l de nitratos.

Técnicas de cultivo

En Diciembre de cada año se trasplantaron 133 plantas por lisímetro, a un marco aproximado de $1 \times 0,4 \text{ m}^2$, de pimiento híbrido tipo B1, cultivar «Herminio F1», según la clasificación de Pochard (Maroto, 1995), sobre cada una de las unidades experimentales objeto del ensayo, que concluía hacia el mes de julio con el levantamiento del cultivo.

La programación del riego se realizó por un lado calculando una dosis semanal, mediante la fórmula que emplea la evapotranspiración del cultivo de referencia, medida diariamente en un evaporímetro de cubeta clase A situado en la finca del Centro y aplicando el coeficiente de cultivo recomendado por la FAO (Doorenbos y Pruitt, 1977). Por otro lado la frecuencia del riego se determinó mediante el uso de tensiómetros situados en cada lisímetro a tres profundidades: 20,40 y 60 cm., tratando de que las tensiones no llegaran a 20 cb, con el fin de garantizar una constancia

en el nivel de humedad del suelo. También se observaba para el riego la conductividad de la solución recogida en sondas a 20,40 y 60 cm, tratando de que estuviera situada entre 2,5 y 5 dS/m.

La distribución de los fertilizantes se realizó en función de la técnica de cultivo y teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los análisis de suelos. En la actualidad, en casi la totalidad del cultivo de pimiento bajo invernadero se hace mediante fertirrigación, ya que es el método más eficaz de aplicación de fertilizantes (Cadahia, 1989). La nutrición del pimiento en cultivo intensivo se basa en el conocimiento de las extracciones que la cosecha de pimientos realiza a lo largo de su ciclo, siendo diversos los factores que influyen en los ritmos de absorción de nutrientes por el cultivo: material vegetal, condiciones ambientales, calidad del agua de riego, técnicas de cultivo, etc., por lo que un calendario de fertirrigación no es lo más indicado. No obstante es la práctica más común en la zona, por lo que es la que se empleó en el ensayo.

Teniendo en cuenta las extracciones dadas por distintos autores para el pimiento de invernadero, así como los análisis de suelo y aportaciones del estiércol y el agua, el abonado que se estima debería aplicarse para compensar las extracciones del pimiento sería el reflejado en la tabla nº 2, resultado de los datos medios de extracciones dadas por los autores consultados para estas variedades y en condiciones similares al ensayo, que se compara con el máximo recomendado por las Normas Técnicas de Producción Integrada en la Región.

Durante todo el ciclo del cultivo se llevaron a cabo las labores de cultivo propias de la zona, que consistieron en la programación semanal del riego y su aplicación con una frecuencia de 1 riego cada 1,85 días y a una dosis total media de los tres años de 5.600 m³/ha, se realizaron una media anual de 15 tratamientos fitosanitarios (la mayoría de ellos contra trips) y se aplicaron los fertilizantes individualmente, por medio de tanques de abonado. El resto de labores culturales consistió en entutorado, escarda manual de malas hierbas, ventilación automática y pantalla térmica manual para reducir el efecto de los golpes de sol.

Se efectuaron cuatro recolecciones a lo largo de todo el ciclo del cultivo y por último se procedió a su arranque y eliminación de restos vegetales para preparar el terreno para el año próximo.

Diseño experimental y controles realizados

Se establecieron cuatro dosis distintas de nitrógeno para ensayar su efecto en la producción de pimientos y la lixiviación de nitratos. La producción inicialmente estimada fue de 10 kilogramos de pimiento por metro cuadrado, que se tuvo en cuenta para definir las cantidades de abono correspondientes a los cuatro tratamientos ensayados y que son: **T-1 (control) = 0 kg N/t**, **T-2 = 1,5 kg N/t**, **T-3 = 3,0 kg N/t** y **T-4 = 4,5 kg N/t**. Estas dosis incluyen las que habitualmente se practican en la Comarca y que están en torno a los 3 kg N/t de producto (30 g N/m² de superficie). Estas dosis tratan de restituir el N extraído por el cultivo y en este caso de pimiento grueso bajo invernadero se han calculado unas extracciones que varían según autores entre 5,25 kg N/t y 2,93 kg N/t para una producción de 10 kg/m² (Rincón et al, 1993).

El diseño experimental consistió, por tanto, en cuatro dosis distintas de nitrógeno para ensayar su efecto en la producción de pimientos y la lixiviación de nitratos, en 4 bloques al azar con 2 repeticiones, manteniendo iguales en todos el resto de las labores culturales.

En todas las recolecciones se contaba el número de frutos y se pesaban individualmente, haciendo una clasificación por tamaños en: >251 g, 250-201 g, 200-101 g, 100-81 g y destrío para los tamaños inferiores o frutos dañados por plagas, enfermedades o fisiopatías. La recolección analizada se realizaba en las 3 filas centrales de cada lisímetro, dejando 2 filas a cada lado como borde.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estudio de los consumos de agua

Durante el ensayo se han aplicado a lo largo de todo el cultivo, desde la plantación a la recolección (7 meses), una media de 56,14 m³ de agua por m² (5614 m³/ha), con pequeñas variaciones entre unidades experimentales menores al 5%.

Se define el consumo de agua como la diferencia entre el volumen de agua aportado en el riego y el volumen de agua lixiviado. No se ha considerado la variación de humedad en el suelo entre los momentos inicial y final, asumiendo que durante el ensayo tuvo un valor casi constante. Teniendo en cuenta esto se ha elaborado la tabla n.º 3, en la que se refleja la aplicación de agua media por tratamiento, el volumen lixiviado, el consumo de agua y el consumo unitario de agua (expresada en l. de agua consumida por cada kilogramo de pimientos en producción comercial).

El análisis estadístico de estos datos deja sin prueba suficiente la hipótesis de relación entre la producción comercial de pimientos y el agua consumida en las condiciones del ensayo. Esta afirmación se halla dentro de la lógica de los hechos analizados, puesto que, al fin y al cabo, el agua drenada en los lisímetros es el agua gravitacional o no útil. Por tanto, cabe mantener que las unidades experimentales recibieron el agua suficiente para mantener el cultivo y que fue sensiblemente igual en los distintos tratamientos (lo cual era el objetivo del riego, que se pretende no actúe como variable diferencial del ensayo).

En la figura n.º 1 se observa la diferencia entre el volumen de agua aplicado y el lixiviado, que ha supuesto como término medio un 19,6% del agua aplicada. Este porcentaje de agua drenada puede considerarse normal para este tipo de suelos y cultivo e indica que el riego se ha realizado adecuadamente y el efecto de la lixiviación de nitratos del ensayo no se puede atribuir a un exceso de riego y sí a un exceso de abonado.

Estudio de la información analítica de los lixiviados

La concentración de nitrato en los lixiviados se determinó midiendo la absorbancia de la solución, diluida 20 veces, a 220 y 275 nanómetros, con un espectrómetro Unicam Helios modelo g. La absorbancia a 220 nanómetros disminuida en el doble de la obtenida a 275 nanómetros (para corregir la presencia de materia orgánica) determina el valor de la absorbancia debida al nitrato en solución. La recta de calibrado determinada para: 10 ppm, 15 ppm., 20 ppm., 25 ppm., 30 ppm., 35 ppm. y 40 ppm. de nitrato, fue $C_{\text{NO}_3^-} = 151,46 \cdot \text{Abs}$, en esta expresión, $C_{\text{NO}_3^-}$ es la concentración de nitrato en solución y Abs es la absorbancia determinada según se dice mas arriba. Estas dos variables estadísticas tienen un coeficiente de correlación $r = 0,998$, altamente significativo.

Para obtener una expresión cuantitativa del nitrato lixiviado durante todo el experimento se multiplicó la concentración de nitrato, medida en cada uno de los muestreos

por el volumen de lixiviado, expresado todo ello en gramos de esa sustancia. De esta forma se puede expresar numéricamente el efecto de cada uno de los tratamientos sobre la lixiviación de nitrato y se evita trabajar con valores medios que habitualmente perturbaban el análisis estadístico.

Las cantidades de nitrógeno lixiviadas variaron entre el 11,22 y el 13,21% del nitrógeno aportado, yendo desde los 7,66 g/m² de pérdidas para el T-1 a los 28,48 g/m² de media del T-4. Se pone así de manifiesto que los sistemas estudiados vierten al exterior cantidades considerables de este elemento lo que permite considerar al suelo cultivado como un suministrador de nitrato hacia el exterior, cuyo suministro depende de la aportación del nutriente y del volumen de agua lixiviado, que en este caso ha sido estadísticamente igual para los 4 tratamientos.

La figura n.º 2 resume los datos de lixiviación de nitrato para cada repetición y tratamiento. Al nivel de 95% hay un efecto significativo de los tratamientos con nitrógeno sobre la cantidad de nitrato lixiviado durante el ensayo. Igual se puede decir de las repeticiones. Por lo tanto, la lixiviación total de nitrato está en relación directa con la cantidad de nitrógeno con que se ha abonado cada lisímetro. Este hecho, totalmente lógico, deberá ser interpretado sobre la base de los datos de este estudio que informan sobre la distribución de valores acumulados de nitrógeno aportado y nitrógeno lixiviado en distintos momentos del ciclo de cultivo, datos que ponen de manifiesto la capacidad que tuvo el suelo para suministrar el nutriente en cantidades superiores a las que recibió durante períodos significativos del ciclo de cultivo.

El suelo donde se ha desarrollado el ensayo que describimos, por su configuración físico-química y su largo historial de cultivo, suelen tener un alto potencial de fijación y transformación de nitrógeno por lo que el abonado con este elemento debe programarse de manera que la emisión al medio ambiente sea lo más pequeña posible.

CONCLUSIONES

Estos resultados en cuanto a la cosecha total en función del tratamiento nitrogenado, que coinciden sustancialmente en los tres años de ensayo, sugieren que el suelo tiene una elevada capacidad de suministro y la planta de adaptación a condiciones de deficiencia nitrogenada, lo que permite que el T-1 (tratamiento al que no se aporta N) haya tenido una producción similar a la del resto de los tratamientos. Esto permite inferir que no es necesario llegar a las dosis de abonado habituales en la Comarca para conseguir más y mejores cosechas.

Respecto al N disponible para el cultivo, con el agua de riego se aportaron: 2,2 mg/l x 560 l/m² = 1,2 g/m² de NO₃⁻, que equivalen a 0,27 g N/m², lo que apenas supone entre el 2 y el 0,5% del nitrógeno mineral aportado en la fertilización, por lo que puede considerarse despreciable. En cuanto al N liberado por el estiércol aportado y la materia orgánica del suelo, se calcula en unos 9 g N/m², ya que el contenido de N del estiércol es apenas de un 5 por mil. Esta cantidad de N liberado por la enmienda orgánica y la materia orgánica del suelo está entre un 64 y un 22% del N mineral aportado y ha sido, por lo tanto, la principal fuente de nitrógeno del T-1 y explicaría en parte el hecho de que durante tres años consecutivos no se haya notado la disminución de producción ni calidad en este tratamiento que no lleva nitrógeno mineral.

La información precedente da pie a pensar que el establecimiento de dosis óptimas para el cultivo de pimiento y compatibles con el medio ambiente en cuanto a la lixivia-

ción de nitratos, se puede realizar sin que ello implique necesariamente tener que sacrificar las producciones consideradas normales en la Comarca, pues tanto las producciones obtenidas como el número de frutos en cada lisímetro tienen valores que no varían significativamente en relación con las dosis de nitrógeno aportado. La explicación de cómo puede la planta mantener la producción y calidad de pimientos sin fertilización nitrogenada mineral estaría en la elevada capacidad de suministro del suelo (restituida sobre todo por el aporte anual de materia orgánica del estercolado) y la capacidad de adaptación de la planta a condiciones adversas, traslocando la mayor parte del nitrógeno disponible a los frutos, en detrimento del resto de los órganos vegetativos.

Por lo tanto, los resultados obtenidos indican que las dosis de abonado mineral nitrogenado utilizadas en la Comarca, en su mayoría, superan las cantidades de abono nitrogenado necesarias para obtener una cosecha normal, y que su incremento, además de elevar los costes de cultivo afecta a la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

RECONOCIMIENTO

Al Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) por haber hecho posible la realización de este proyecto con su financiación a través del Programa Sectorial I + D y al Centro Integrado de Formación y Experiencias Agrarias de Torre-Pacheco por haber permitido la ubicación de los ensayos en su finca experimental.

BIBLIOGRAFÍA

- AMOPA, 2000. Estudio general de la estructura y balance agronómico y económico de las explotaciones agrícolas de la Región de Murcia.
- ARCE A., LÓPEZ L.M., VALLEJO A., GONZÁLEZ C., 1993. Influencia de la fertilización nitrogenada en el contenido de nitratos en el cultivo de zanahorias. *Actas IX Congreso Nacional de Química* (Química Agrícola y Alimentaria) 3: 205-212.
- CADAHIA C., 1989. Criterios para la aplicación de fertilizantes en riego localizado. *Fertilización*, 100: 3-15.
- EMMETT B.A., REYNOLDS B., STEVENS P.A., NORRIS D.A., HUGHES S., GARRES J., EUROPEAN COMMUNITY WRITTEN QUESTION n.º 337/83. 1984. Nitrates in vegetables. *Official Journal of the European Communities* C 320/1.
- FAO, 1977. Las necesidades de agua de los cultivos. J. Doorenbos y W.O. Pruitt. *Estudio FAO riego y Drenaje*, 24. 194 p. Roma.
- HERNANDO J., 1989. Influencia del suelo en la contaminación de alimentos. *C.I.C.C.* 5: 3-9.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (I.T.G.E.), 1989. Contaminación de las aguas subterráneas. *La problemática de los nitratos y su incidencia en España*. I.T.G.E. Madrid.
- LÓPEZ-GÁLVEZ J., NAREDO J.M., 1994. Enarenado y sustratos con solución perdida. Evaluación en un cultivo de tomate. *Hortofruticultura*. Año V. 6: 41-46.
- MAAS E., HOFFMAN G., 1977. Crop salt tolerance. Current assesment. *ASCE. J. Irrig. And Drainage Div.* 103: 115-134.

- MAROTO BORREGO, J.V., 1995. Horticultura Intensiva Especial. Ediciones Mundi Prensa. 4ª edición.
- POCHARD E., 1966. Donnes experimentales sur la selection du piment (*Capsicum annum L.*) An. Am. Plantes 16(2): 185-197.
- RINCÓN L., SÁEZ J., BALSALOBRE E., PELLICER M.C., 1993. Nutrición del pimiento grueso de invernadero. *Hortofruticultura*, 5 : 37-41.

Cuadro 1

GRAMOS TOTALES DE NITRATO CÁLCICO APORTADO POR M²
Y SU EQUIVALENTE EN G N/M²

TRATAMIENTOS	g/m ² NITRATO CÁLCICO	g/m ² N
T-1	0	0
T-2	96,8	15
T-3	193,6	30
T-4	290,32	45

Cuadro 2

DOSIS RECOMENDADAS DE NITRIENTES EN PIMIENTO DE INVERNADERO

	G/m ²	kg/ha	UF/t	UF/t máx en PI.
N	40	400	4	4
P ₂ O ₅	6	60	0,6	1,2
K ₂ O	48	480	4,8	6,6
CaO	30	300	3	3,2
MgO	7	70	0,7	1,2

Cuadro 3

CONSUMO DE AGUA Y VOLUMEN LIXIVIADO. MEDIA DE TRES AÑOS

TRATAMIENTO	AGUA	VOLUMEN LIXIVIADO (l/m ²)	CONSUMO DE AGUA (l/m ²)	CONSUMO UNITARIO (l/kg)
T-1	576,9	132,8	444,1	59,53
T-2	548,0	77,7	470,3	62,46
T-3	557,3	105,1	452,2	65,06
T-4	563,6	125,3	438,3	62,88
Media (m ³ /ha)	5.614	1.102	4.512	62,41

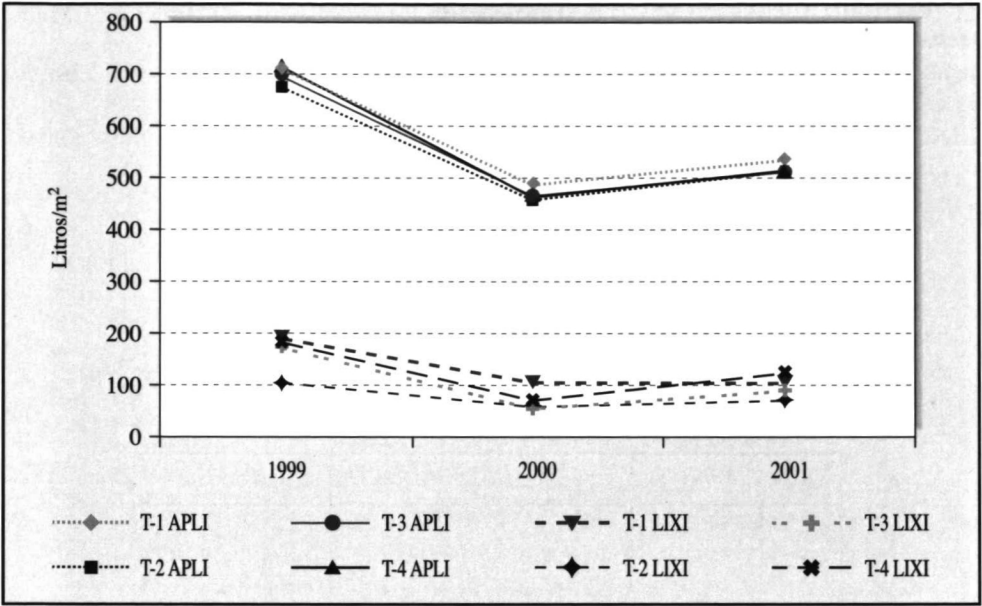


Figura n.º 1

VOLUMEN DE AGUA APLICADO Y LIXIVIADO EN LOS TRES AÑOS DE ENSAYO

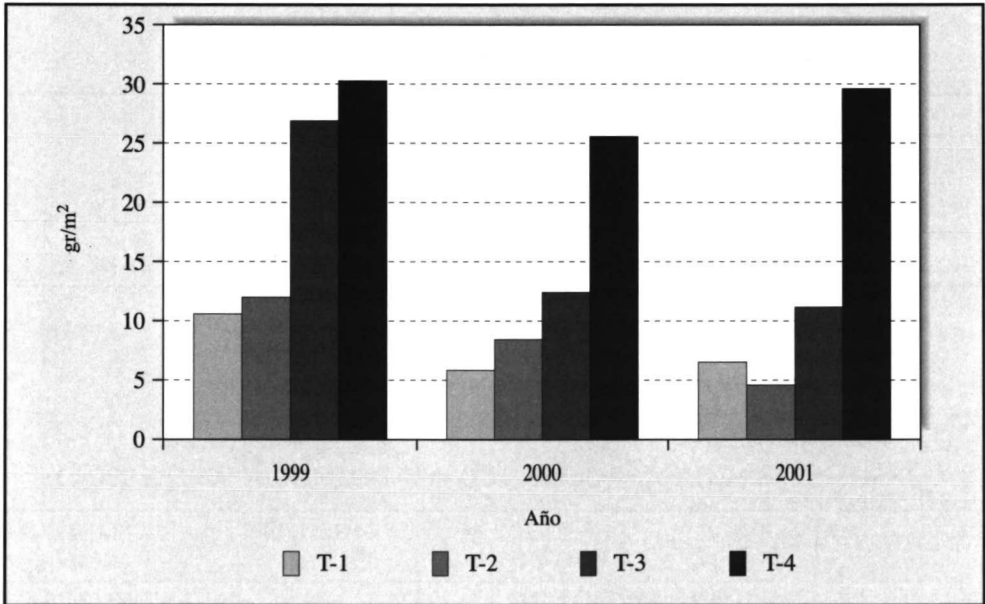


Figura n.º 2

NITRATO LIXIVIADO EN LOS 4 TRATAMIENTOS DEL ENSAYO, PARA LOS TRES AÑOS DE ESTUDIO