



CONTAMINACIÓN POR NITRATOS EN PIMIENTO DE INVERNADERO EN EL CAMPO DE CARTAGENA (Campañas 1998-99, 1999-00 y 2000-01)

Juan Cánovas Cuenca
Joaquín Navarro Sánchez

Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agroalimentario

Natalio Alcaraz Alonso
M.^a Carmen Gómez Hernández

Centro Integrado de Formación y Experiencias Agrarias de Torre Pacheco

Francisco E. Vicente Conesa
Oficina Comarcal Agraria Cartagena-Mar Menor

Edita:

Comunidad Autónoma de la Región de Murcia
Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente
© Copyright / Derechos reservados

Coordina y distribuye:

Dirección General de Investigación y Transferencia Tecnológica.
Servicio de Formación y Transferencia Tecnológica.
Plaza Juan XXIII, s/n - 30071 Murcia.

Preimpresión:

CompoRapid, S.L.

Impresión:

Pictografía, S.L.

Depósito Legal:

MU-166-2003

Se autoriza la reproducción total o parcial citando la fuente

1. Introducción

La preocupación por el medio ambiente aparece en la Unión Europea como uno de los principios fundamentales de la gestión de sustancias químicas y es, particularmente intensa, en el caso de los nitratos, lo que ha justificado el desarrollo de directivas específicas. Así, considerando el estado de contaminación nítrica de las aguas superficiales y subterráneas y la eutrofización de las aguas continentales, costeras y marinas, se elaboró la Directiva 91/676/CEE del Consejo, de 12 de Diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación por nitratos utilizadas en la agricultura, que obliga a declarar las posibles Zonas Vulnerables a los Estados miembros.

En La Región de Murcia ha sido declarada Zona Vulnerable a la contaminación por nitratos (B.O.R.M. de 31 de diciembre de 2001) la franja del Campo de Cartagena que va desde el Trasvase a la carretera Cartagena-La Unión-La Manga y llega hasta el Mar Menor, zona dónde se concentra la mayor parte de la producción de pimiento bajo invernadero en la Región.

Hoy día la utilización de sustancias químicas de síntesis es casi imprescindible en la mayoría de los sistemas de producción intensivos, como es el caso del cultivo de pimiento grueso bajo invernadero. Sin embargo, esta utilización conlleva la aparición de otros problemas, tales como la toxicidad de fertilizantes en los alimentos o la contaminación de las aguas, suelos, sedimentos,..., como consecuencia de su liberación al medio ambiente.

Existe un punto crítico de efectividad en el consumo de nitrógeno a partir del cual el aumento en su aplicación a los cultivos no obtiene un incremento proporcional de las cosechas. No obstante, los sistemas de fertilización actuales utilizan, en general, mayores cantidades de ellos que las precisadas por el cultivo (Cayuela et al., 1993).

El exceso de abonado nitrogenado da lugar a pérdidas que favorecen la presencia de nitratos en los ecosistemas naturales y pueden suponer graves daños ecológicos como la acidificación y eutrofización de suelos y aguas (Emmett et al., 1993), así como graves daños medioambientales y derroche energético (Devitt, 1976). El exceso de ión nitrato tiene un efecto negativo sobre las aguas superficiales, ya que favorece la eutrofización (Keeney, 1982) y el exceso de fertilización química es la causa que más afecta a la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas (Rechcigl, 1995).

Por lo tanto, en aquellos casos en los que se utilicen dosis de abonado nitrogenado superiores a la capacidad de absorción de los cultivos o haya una falta de sincronía entre oferta y demanda de nitrógeno, el exceso será lavado tarde o temprano, apareciendo, generalmente, los efectos a largo plazo y originando una contaminación de tipo difuso.

Por todo lo antedicho, 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.



Detalle del foso de recogida de drenajes.

2. Planteamiento del ensayo

Este proyecto de investigación, financiado por el I.N.I.A. y la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Región de Murcia, comenzó a desarrollarse en el último trimestre del año 1998, contándose con las infraestructuras necesarias para contener las variantes objeto de ensayo, y que consisten en un invernadero tipo multicapilla con ocho lixímetros de drenaje en su interior, situados en la finca del Centro Integrado de Formación y Experiencias Agrarias de Torre-Pacheco.

El conjunto de ocho lixímetros, bajo invernadero, es la estructura fundamental del proyecto. Se distribuyen en dos series de cuatro unidades, cada una de ellas ocupa la mitad del invernadero; en el centro, a todo lo largo, se han construido dos zanjas de un metro de anchura y un metro de profundidad, a las que vierten las aguas de la serie adyacente de lixímetros, vertido que tiene lugar a través de válvulas seguidas de contadores de molinillo.

Respecto al material vegetal empleado, cada año se pusieron 133 plantas de pimiento por lixímetro, provenientes de semillero, en cepellón, variedad "Lamuyo", cultivar 'Herminio', tipo B₁ de la clasificación de Pochard (1966), pimiento largo de carne gruesa



Invernadero multicapilla donde se han desarrollado los ensayos.



Los lixímetros de drenaje están totalmente impermeabilizados.

para su corte preferentemente en verde. Se plantaron en llano, a un marco de 1 x 0,40 m., lo que equivale a una densidad de 25.000 plantas/Ha.

Se diseñó un experimento con 4 dosis distintas de abonado nitrogenado (que son las que se reflejan en la tabla nº 2), repetidas en dos bloques al azar, que se repitieron durante tres campañas: 1998-99, 1999-00 y 2000-01. En cada una de las parcelas elementales se midió la cantidad de nitratos lixiviados en el tiempo (volumen y concentración).



Aspecto de la plantación en los primeros estadios.

3. Evolución del cultivo

Para el adecuado control de la fertilización y seguimiento de la evolución de los nitratos en el suelo, anualmente se tomaron, al inicio y al final del cultivo, tres muestras de suelo por líxímetro a las profundidades de 0-20 cm., 20-40 cm. y 40-60 cm., que fueron analizadas en laboratorio. Estos análisis se tuvieron en cuenta a la hora de establecer las dosis de abonado, siguiendo las recomendaciones de Guerrero (1990).

Se escogieron abonos de empleo común en la zona, como fueron el PO_4H_3 (ácido fosfórico), con una riqueza del 54% de P_2O_5 , el $(\text{NO}_3)_2\text{Ca}$ (nitrato cálcico), con una riqueza del 28% de CaO y del 16 % en N y el K_2SO_4 (sulfato potásico), con una riqueza del 50% de K_2O . También se aportó Mg, Zn y Mn en forma de correctores de carencias vía goteo.

En lo que se refiere al abonado nitrogenado, se calculó que el estiércol aportado liberaba una cantidad de nitrógeno de unos 9 g/m², estimándose la aportación del agua de riego de 0,25 g/m² y la de la materia orgánica del suelo de 2,5 g/m². Teniendo en cuenta estos aportes, las dosis de abonado nitrogenado mineral que se emplearon en el ensayo debían incluir, para que tuvieran validez práctica los resultados del proyecto, a las que se recomiendan en la Comarca y que están entre los 30 y 40 g N/m².

En función de lo anterior, el abonado que se aplicó para compensar las extracciones del pimiento se refleja en la tabla nº 1 y es 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 de Murcia (B.O.R.M. de 9 de mayo de 2002).

TABLA 1. ABONADO RECOMENDADO PARA COMPENSAR LAS EXTRACCIONES Y EL ESTABLECIDO EN LAS NORMAS TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN INTEGRADA

NUTRIENTE	G/m ²	Kg/Ha	UF/t	UF/t máx. en P.I.
N	40	400	4	4
P_2O_5	6	60	0,6	1,2
K_2O	48	480	4,8	6,6
CaO	30	300	3,0	3,2
MgO	7	70	0,7	1,2

En la tabla nº 2 se reflejan los abonos realmente aportados en los tres años de cultivo, abonado que se ha realizado en función de todo lo anterior y atendiendo a la periodicidad de las extracciones, recomendadas por el Sistema de Información Agrario Murciano de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente.

TABLA 2. ABONADO APLICADO AL CULTIVO DE PIMIENTO EN LOS TRES AÑOS DE ENSAYO

	AÑO 1999 (gr/m²)	AÑO 2000 (gr/m²)	AÑO 2001 (gr/m²)
ÁCIDO FOSFÓRICO	20,0	21,0	21,0
NO ₃ Ca T-1	0	0	0
NO ₃ Ca T-2	96,6	96,6	96,6
NO ₃ Ca T-3	193,6	193,6	193,6
NO ₃ Ca T-4	290,2	290,2	290,2
SULFATO POTÁSICO	119,9	188,1	188,0
MICROE. (Mn,Zn,Mg)	–	2,7	12,5
HIERRO (2,4%)	–	2,0	–

La importancia en el exhaustivo control del riego en este ensayo se basa en el hecho de que el exceso de agua, sobre todo en suelos ligeros, unido al exceso de abonado nitrogenado, dan lugar a percolación de los nitratos y a su acumulación en los tejidos de la planta, aumentando mucho las pérdidas de nitrato por percolación cuando el abonado nitrogenado sobrepasa unos ciertos valores, que dependen del cultivo y del ciclo, y cuando el agua aplicada supera las necesidades de evapotranspiración (Ramos y Ocio, 1993).

Se aplicó la técnica del riego localizado por las múltiples ventajas que presenta, basándonos, para el cálculo de las dosis de riego, en la teoría de Penman que en 1948 definió el concepto de evapotranspiración potencial (Eto), siguiendo las directrices de la FAO (1977).

La frecuencia de los riegos se determinó mediante el uso de tensiómetros, disponiendo, como mínimo en dos parcelas experimentales o lixímetros, de una batería de tres tensiómetros, a 15, 30 y 60 cm. de profundidad. Se procuraba que las tensiones no bajaran de 15 cb., con el fin de garantizar una constancia en el nivel de humedad del suelo. Para el mejor control de los riegos y movimiento de los nitratos se dispuso, tam-



Con las abonadoras manuales se controlan los fertilizantes parcela a parcela.

bién, de sondas de drenaje en cada lixímetro, a las profundidades de 25 y 50 cm. en las que, periódicamente, se recogía el soluto drenado en las mismas para ver su conductividad y analizar la posible evolución de los nitratos en el agua del suelo.

4. Efecto del abonado nitrogenado sobre la contaminación por nitratos

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 (5.614 m³/Ha), con pequeñas variaciones entre unidades experimentales menores al 5%. El volumen de agua aplicado para cada uno de los tratamientos y años de ensayo se refleja en la tabla nº 3.

TABLA 3. VOLUMEN DE RIEGO APLICADO AL CULTIVO PARA TODO EL CICLO

TRATAMIENTO	AÑO 1999 (l/m ²)	AÑO 2000 (l/m ²)	AÑO 2001 (l/m ²)
T-1	709,5	486,8	534,4
T-2	674,2	457,7	512,2
T-3	695,0	465,6	511,3
T-4	713,3	463,3	514,2
Media (m³/Ha)	6.980	4.683	5.180

Definimos el consumo de agua como la diferencia entre el volumen de agua aportado en el riego y el volumen de agua lixiviado y 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 ésto, se ha elaborado la tabla nº 4, 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).

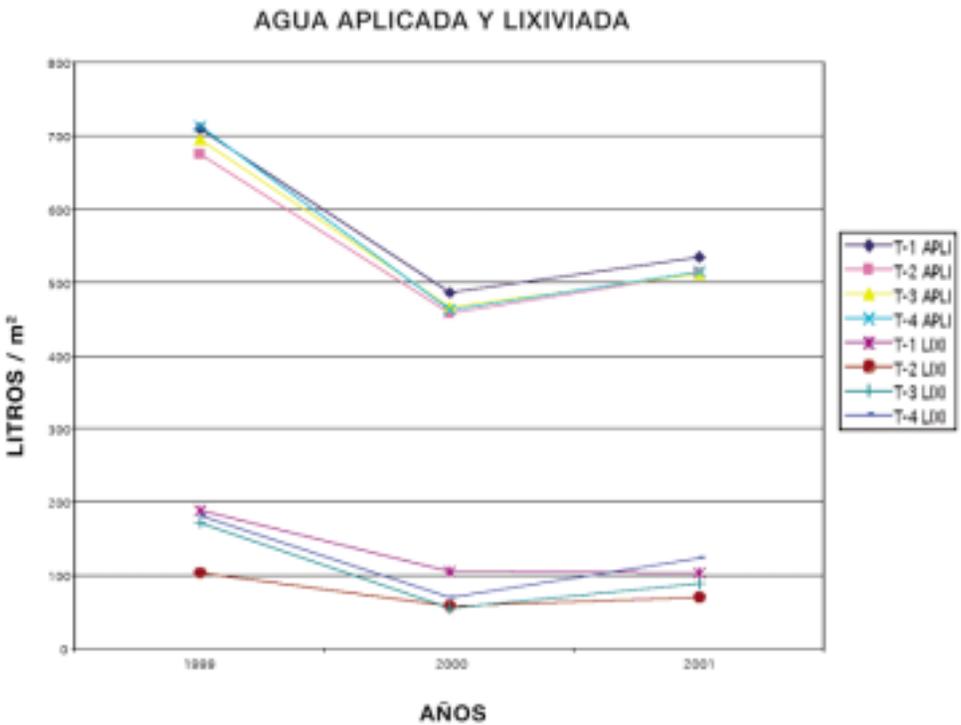
TABLA 4. CONSUMOS DE AGUA Y VOLUMEN LIXIVIADO. MEDIA DE TRES AÑOS

TRATAMIENTO	Agua aplicada (l/m ²)	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 (m³/Ha)	5.614	1.102	4.512	62,41



Aspecto de la tubería corrugada de recogida de drenajes.

GRÁFICO 1. VOLUMEN DE AGUA APLICADO Y LIXIVIADO PARA LOS CUATRO TRATAMIENTOS Y LOS TRES AÑOS DE ENSAYO



En el gráfico nº 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.

La expresión cuantitativa del nitrato lixiviado se obtuvo como resultado de multiplicar la concentración de nitrato por el volumen de lixiviado día a día, expresado todo ello en g. de esa sustancia.

Si en la tabla nº 5 comparamos el nitrato lixiviado con la columna de nitrato aportado por tratamiento, expresada en g. de nitrato/ m², se pone de manifiesto que los sistemas estudiados vierten al exterior cantidades considerables de este elemento, que varían entre el 11,22% y el 13,21% del nitrógeno aportado, yendo desde los 7,66 g/m² de

GRÁFICO 2. NITRATO LIXIVIADO EN LOS 4 TRATAMIENTOS, PARA LOS TRES AÑOS DE ESTUDIO

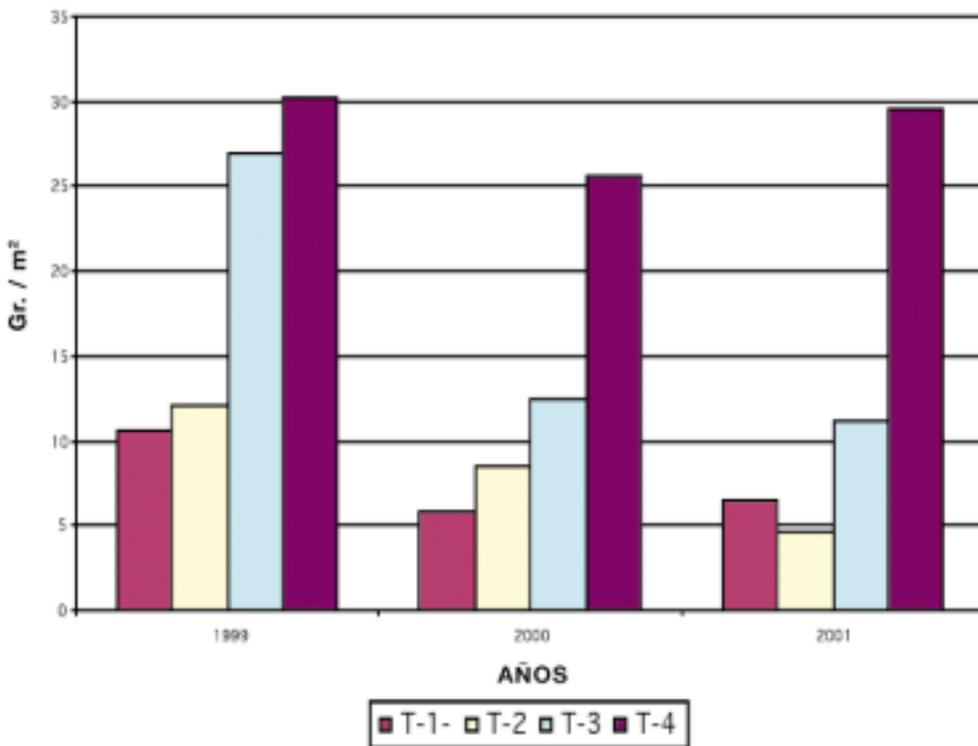


TABLA 5. NITRATO APORTADO Y LIXIVIADO MEDIO, AÑOS 1999, 2000 Y 2001

TRATAMIENTO	(NO ₃) Media en los lixiviados (ppm)	Volumen medio lixiviado (l/m ²)	Nitrato lixiviado (g/m ²)	Nitrato aportado (g/m ²)	Relación Nitrato lixiviado/ aportado (%)
T-1	71,77	132,8	7,66	0	—
T-2	142,28	77,7	8,34	74,38	11,22
T-3	225,22	105,1	16,81	142,45	11,80
T-4	320,03	125,3	28,48	215,6	13,21

pérdidas para el T-1 a los 28,48 g/ m² de media del T-4. Es reseñable ver cómo, incluso el tratamiento sin abonado nitrogenado, da lixiviado de nitratos en el drenaje.

En el gráfico nº 2 se observa claramente como influye negativamente el exceso de abonado nitrogenado en la pérdida de nitratos hacia los acuíferos. Como se ve en la 3ª columna (año 2001), una dosis de abonado en T-4 tres veces mayor que en T-2 para una misma dosis de riego, ha producido ese año pérdidas de nitratos seis veces mayores. Se observa también la gran influencia del riego en la contaminación por nitratos ya que, en el año 1999, en el que fueron más altas las dosis de riego, casi se iguala la cantidad de nitratos lixiviados en los tratamientos T-3 y T-4.



No se aprecian deficiencias por falta de nitrógeno hasta bien avanzado el cultivo.

En lo que respecta a la producción, no ha habido diferencias significativas de cosecha entre los distintos tratamientos, lo que quiere decir que en las condiciones del ensayo altas dosis de abonado mineral nitrogenado no han favorecido una mayor producción.

La cosecha total medida ha resultado de 7,86 Kg/m², como media de los tres años, lo que se aproxima a los valores medios de la Comarca, teniendo en cuenta que se realizaba muy pronto el levantamiento del cultivo y no se apuraban las plantas en la última recolección, como es costumbre en la zona.

5. Conclusiones

La información obtenida, que se ha repetido durante tres años consecutivos en similares condiciones de cultivo y ensayos, da pie a pensar que las dosis de abonado mineral nitrogenado comúnmente empleadas en el cultivo de pimiento bajo invernadero en la Comarca del Campo de Cartagena, superan a las cantidades necesarias de nitrógeno para obtener una cosecha normal. Ésto sugiere que estos suelos tienen mucha capacidad de suministro con el estercolado anual que se le suele aportar en la Comarca (en torno a 5 Kg/m² de estiércol bien fermentado) y hay una elevada capacidad de adaptación de las plantas de pimiento a condiciones adversas de falta de nitrógeno, siendo capaces de sacar adelante la cosecha, sin detrimento de la cantidad ni la calidad, con poco abonado mineral nitrogenado.

Respecto al establecimiento de dosis óptimas para el cultivo de pimiento bajo invernadero y compatibles con el medio ambiente, en cuanto a la lixiviación de nitratos, se puede afirmar que, en las condiciones del ensayo, son alcanzables niveles normales de producción de pimiento (10 kg/m² para un ciclo de cultivo de siete meses) con bajas dosis de abonado nitrogenado. Se ha observado (aunque sin significación estadística) como con 1,5 unidades fertilizantes de nitrógeno por tonelada métrica de producción prevista, equivalentes a 15 gr N/m² (dosis del T-2) se puede obtener una buena producción, con menor impacto medioambiental y menor coste para el cultivo.

Esta dosis sería menos de la mitad de la que se practica habitualmente en la zona (30 g N/m²) y, puesto que el cultivo de pimiento tiene finalidad económica y ésta depende de la producción comercial, es obvia la importancia de esta conclusión, que refiere que, con dosis mayores de nitrógeno, no se obtienen mayores producciones, conclusión corroborada suficientemente, a nuestro juicio, por el estudio de las mínimas diferencias significativas entre diferentes tratamientos y repetida durante tres años.

Se ha puesto de manifiesto, también, la estrecha relación existente entre abonado mineral nitrogenado y el riego, ya que de poco sirve un correcto abonado si no se controlan adecuadamente los volúmenes de agua.

En este sentido se ha visto como la conductividad de la solución del suelo medida mediante el empleo de sondas de succión permite optimizar con bastante satisfacción las dosis de riego en este cultivo. La conductividad del soluto recogido en las sondas

debe estar entre 2,5 y 5 mmhos/cm, viéndose como una conductividad superior a 5,0 indicaba déficit de riego y un valor inferior a 2,5 exceso de lavado.

Por lo tanto, hay que desechar la idea de que a mayores dosis de fertilizantes nitrogenados se conseguirán mejores cosechas en el pimiento grueso bajo invernadero, ya que, además de suponer un gasto innecesario, contamina el medio ambiente tanto en el proceso de fabricación como tras su aplicación.

La práctica de un adecuado abonado nitrogenado contribuirá a la reducción de los nitratos en los ecosistemas naturales, sobre todo a la reducción de la contaminación de aguas subterráneas, habiéndose comprobado en el ensayo como se produce una lixiviación de nitratos hasta tres veces mayor con exceso de abonado, que no ha contribuido en cambio a mejorar la cosecha.

BIBLIOGRAFÍA

- CAYUELA J.A., FERNÁNDEZ J.E., MORENO F., MURILLO J.M., CABRERA E., 1993. Estimación de las pérdidas de nitrato en un suelo con cultivo de maíz y riego. Actas IX Congreso Nacional de Química (Química Agrícola y Alimentaria) 3: 91-98.
- DEVITT D., LETEY J., LUND L.J., BLAIR J.W., 1976. Nitrate-nitrogen movement through soil as affected by soil profile characteristics. J. Envir. Qual. 5(3): 283-288.
- EMMETT B.A., REYNOLDS B., STEVENS P.A., NORRIS D.A., HUGHES S., GARRES J., LUBRECHT I., 1993. Nitrate leaching from afforested welsh catchmentes-Interactions between stand age and nitrogen deposition. AMBIO 22(6): 386-394.
- FAO, 1977. Las necesidades de agua de los cultivos. J. Doorenbos y W.O. Pruitt. Estudio FAO riego y Drenaje, 24. 194 p. Roma.
- GUERRERO GARCÍA A., 1990. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Ed. Mundi Prensa, 206 p. Madrid.
- KEENEY D.R., 1982. Nitrogen in Agricultural Soils. Agronomy Monograph, nº 22, Cap. 16, ASA CSSA y SSSA. Madison.
- PENMAN, H.L., 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Royal Soc. London Proc. Ser. A, 193:120-146.
- POCHARD E., 1966. Donnes experimentales sur la selection du piment (*Capsicum annum L.*) An. Am. Plantes 16(2): 185-197.
- RAMOS C., OCIO J.A., 1993. La agricultura y la contaminación de las aguas por nitrato. M.A.P.A. Hoja divulgadora 7/92, 32 pp.
- RECHCIGL J.E. (Ed.) 1995. Soil amendments and enviromental quality. CRC Lewis Pub. Florida.

Información

Para cualquier información complementaria, pueden dirigirse a:

CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, AGUA Y MEDIO AMBIENTE

- **Servicios Centrales**

Plaza Juan XXIII, s/n. - 30008 Murcia

Teléfonos: 968 36 27 01 - 968 36 27 26 • Fax: 968 36 64 09

- **Centros Integrados de Formación y Experiencias Agrarias**

Jumilla

Ingeniero La Cierva, s/n.

Tel.: 968 78 09 12 • Fax: 968 78 30 11

Lorca

Ctra. Águilas, km. 2

Tel.: 968 46 85 50 • Fax: 968 46 84 23

Molina de Segura

Gutiérrez Mellado, 17

Tel.: 968 64 33 99 • Fax: 968 64 34 33

Torre Pacheco

Avda. Gerardo Molina, s/n.

Tel.: 968 57 82 00 • Fax: 968 57 82 04

- **Oficinas Comarcales Agrarias**

Jumilla

Avda. Reyes Católicos, 2

Tel.: 968 78 02 35 • Fax: 968 78 04 91

Cieza

Ctra. Murcia, s/n.

Tel.: 968 76 07 05 • Fax: 968 76 01 10

Caravaca de la Cruz

C/. Julián Rivero, 2

Tel.: 968 70 76 66 • Fax: 968 70 26 62

Molina de Segura

Ctra. Fortuna, s/n.

Tel.: 968 61 04 07 • Fax: 968 61 61 12

Mula

B.º Juan Viñeglas

Tel.: 968 66 01 52 • Fax: 968 66 01 80

Murcia

Plaza Juan XXIII, s/n.

Tel.: 968 36 27 00 • Fax: 968 36 28 64
(Ext. 64024)

Lorca

Ctra. de Águilas, s/n.

Tel.: 968 46 73 84 • Fax: 968 46 73 57

Torre Pacheco

Avda. Gerardo Molina, s/n.

Tel.: 968 57 84 06 • Fax: 968 57 76 68

Alhama

C/. Acisclo Díaz, s/n.

Tel.: 968 63 02 91 • Fax: 968 63 19 82

Cartagena

Plaza de los tres reyes, 1 - 3.º

Tel.: 968 50 81 33 • Fax: 968 52 95 71

ORGANIZACIONES PROFESIONALES AGRARIAS

FEDERACIONES DE COOPERATIVAS AGRARIAS

OTRAS PUBLICACIONES DE LA SERIE

