

UNIVERSIDAD DE ALMERIA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

Efecto del nitrógeno sobre la producción de
un cultivo de pimiento en invernadero

Mención: Hortofruticultura y Jardinería

Curso 2017/2018

Alumno/a:

Jesús María Puertas de Lara

Director/es:

Luisa Gallardo Pino

Francisco M. Padilla Ruiz



Índice

1. Intereses y objetivos.....	5
2. Fases de la realización del TFG	6
2.1. Fases de la realización del TFG.....	6
2.2. Cronograma	6
3. Revisión bibliográfica	7
3.1. La agricultura bajo invernadero en el sureste español	7
3.2. El problema ambiental del N en la agricultura	7
3.3. Contaminación de acuíferos en Almería	8
3.4. Legislación en la Unión Europea, España y Andalucía	10
3.5. La importancia del pimiento en la agricultura del sureste español	12
3.6. La gestión del N en fertirriego en invernaderos del SE español	13
3.7. Respuesta de los cultivos hortícolas de invernadero al N. Caso particular del pimiento	14
4. Materiales y métodos	15
4.1. Localización del ensayo	15
4.2. Cultivo de pimiento y tratamientos experimentales de N	16
4.3. Diseño experimental	17
4.4. Determinaciones	18
4.4.1. Parámetros climáticos	18
4.4.2. Aportes de riego y nitrógeno	18
4.4.3. Drenaje y lixiviación de NO ₃	19
4.4.4. N mineral en suelo	20
4.4.5. Evapotranspiración	20
4.4.6. Producción de materia seca y producción de fruto.....	20
4.5. Análisis estadístico	21
5. Resultados	22
5.1. Parámetros climáticos	22
5.2. Aportes de nitrógeno	22

5.3.	Producción de materia seca	24
5.4.	Producción de fruto y componentes de rendimiento	26
5.5.	Relación entre el N total disponible y la producción de fruto y materia seca ..	28
5.6.	N lixiviado y residual en función del N total disponible	29
6.	Discusión	31
6.1.	Efectos del N sobre la producción	
6.2.	Efectos del N sobre la acumulación de N en suelo y la lixiviación de nitrato	
7.	Conclusiones	
8.	Bibliografía	

1. Intereses y objetivos

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es uno de los principales cultivos de invernadero del sureste español, tanto en superficie como en producción. En esta zona, los aportes de agua y nutrientes se realizan simultáneamente mediante sistemas de fertirriego y riego por goteo. Este sistema de aplicación permite obtener un mayor control sobre los riegos y el aporte de fertilizantes, con el fin de optimizar al máximo la calidad y producción de los cultivos. Actualmente existen recetas estandarizadas que sirven como guía al agricultor para planificar el aporte de los distintos nutrientes. La mayor parte de estas recomendaciones se basan en la experiencia de la zona y no hay estudios científicos en esta región que hayan cuantificado la respuesta de los cultivos a los aportes de nutrientes.

Uno de los nutrientes más importantes para el desarrollo de los cultivos es el nitrógeno (N), al ser el nutriente que la planta requiere en mayores cantidades y constituyente principal de compuestos vitales como aminoácidos, proteínas, enzimas, ácidos nucleicos, así como también de las paredes celulares y clorofila en los vegetales (Tisdale et al., 1991). Desde el punto de vista del cultivo, el exceso de N puede originar un desarrollo demasiado exuberante del cultivo y hace a éste más sensible al ataque de patógenos (Carreño y Magán, 1999).

En la planificación del abonado en cultivos de invernadero, no se suele tener en cuenta la cantidad de nitrógeno ya existente en el suelo previa a la implantación del cultivo. Este nitrógeno ya mineralizado, junto con el presente en la materia orgánica del suelo, también representan fuentes importantes de este nutriente, por lo que su control y medición resultan prácticas muy útiles para el manejo de la explotación.

Un manejo inadecuado de la fertilización nitrogenada puede tener un impacto negativo, tanto para la rentabilidad económica de la explotación como para el medioambiente. Aportes excesivos de nitratos conllevan la lixiviación de gran parte de los mismos, con la consecuente contaminación de los acuíferos con nitratos, fuente subterránea de agua para el riego en la provincia almeriense. En el sureste español la concentración de nitratos en las aguas subterráneas supera en muchas zonas el valor umbral de $50 \text{ mg NO}_3^- \text{ L}^{-1}$ establecido por la Unión Europea; todas las zonas donde se concentran los invernaderos de Almería han sido declaradas zonas vulnerables a la contaminación de nitratos (ZVN) de acuerdo con la Directiva

de nitratos de la UE (CEE, 1991). Existe actualmente una presión legislativa por parte de la Junta de Andalucía para reducir los aportes de N a los cultivos y mejorar la gestión del N (BOJA, 2008).

Dado que las prácticas actuales de aportes de N en cultivos de pimiento bajo invernadero se basan en recetas estándar y ante la presión actual por reducir la lixiviación de nitratos en las ZVN, se hace necesario realizar estudios que contribuyan a mejorar el conocimiento sobre la respuesta del cultivo de pimiento al abonado nitrogenado.

El objetivo principal del proyecto es determinar las cantidades de nitrógeno óptimas para el cultivo de pimiento bajo invernadero, para así evitar los problemas medioambientales relacionados con la lixiviación de nitratos, sin que ello afecte negativamente sobre la productividad de la explotación.

Para ello se evaluó en invernadero y suelo enarenado, el efecto de cantidades crecientes de N aportado en fertirriego sobre (i) la producción de materia seca total y su distribución entre órganos, (ii) la producción de fruto y su calidad, (iii) la acumulación de N mineral en el suelo al final del ciclo y (iv) las pérdidas de N por lixiviación.

2. Fases de la realización del TFG

2.1. Fases de la realización del TFG

El trabajo de fin de grado arranca con la búsqueda de información relacionada con la fertilización nitrogenada en pimiento bajo invernadero y con los problemas ocasionados por la lixiviación en los acuíferos. Así, surge la necesidad de optimizar los aportes de N para reducir los altos niveles de contaminación que sufren las aguas subterráneas.

La fase experimental del proyecto dio comienzo el 18 de julio con el trasplante de las plantas de pimiento, procedentes de semillero (Syngenta). Dicha fase concluyó el 9 de marzo tras el arranque de las plantas y el último muestreo de biomasa. Durante el desarrollo del cultivo se realizaron varios muestreos periódicos para la cuantificación de la biomasa, así como la recogida de las distintas cosechas; más adelante se describen estas labores en el cronograma. Tras el arranque, se realizaron análisis en suelo para la determinación del contenido en nitrógeno presente en el mismo.

Las determinaciones se llevaron a cabo durante el desarrollo del cultivo, salvo aquellas relacionadas con los parámetros climáticos, los cuales comenzaron varias semanas antes del trasplante, finalizando semanas más tarde del arranque. Una vez tomados todos los datos necesarios, se procedió con el análisis de los mismos, mediante el programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).

Tras el análisis de los datos, se realizó la interpretación de los resultados obtenidos, de donde se pudieron extraer las conclusiones necesarias para la discusión del proyecto. Con todo esto, se procedió a la redacción del TFG.

2.2. Cronograma

Trasplante: 18/07/2016

Arranque: 09/03/2017

Julio 2016					Agosto 2016					Septiembre 2016				
S.1	S.2	S.3	S.4	S.5	S.1	S.2	S.3	S.4	S.5	S.1	S.2	S.3	S.4	S.5
		Bl	Bl			Bm			Bm				Bm	
Octubre 2016					Noviembre 2016					Diciembre 2016				
S.1	S.2	S.3	S.4	S.5	S.1	S.2	S.3	S.4	S.5	S.1	S.2	S.3	S.4	S.5
		Bm	C.D		C.Bm	C	C	C	C.Bm		C		C	Bm
Enero 2017					Febrero 2017					Marzo 2017				
S.1	S.2	S.3	S.4	S.5	S.1	S.2	S.3	S.4	S.5	S.1	S.2	S.3	S.4	S.5
	C		C	Bm	C	C	C	C.Bm		C	C.Bm			

Todos los lunes, miércoles y viernes se midió la solución nutritiva y la recogida de drenajes.

S – Semana

C – Cosecha

Bm – Biomasa

Bl – Blanqueo

D – Deshojado

3. Revisión bibliográfica

3.1. La agricultura bajo invernadero en el sureste español

La producción de hortalizas en invernadero es una práctica habitual en la actualidad, gracias a la cual se alcanzan niveles productivos superiores al cultivo tradicional al aire libre. Dentro de estas estructuras, los cultivos pueden aproximarse más a sus condiciones óptimas de desarrollo, incluso encontrándose fuera de época.

Además, los cultivos bajo invernadero han sido descritos, en términos de características técnicas y restricciones, como eficientes en el uso de los recursos implicados en el proceso de producción (Castilla et al., 2004; De Pascale et al., 2006). Así, la proliferación de superficie invernada, para ciertos cultivos, está marcando la agricultura a nivel mundial.

España es una buena muestra de este rápido desarrollo, que ha tenido lugar en las últimas décadas, situándose a la cabeza de los países mediterráneos y europeos en superficie dedicada a invernaderos (546 ha en 1968 frente a las 46852 ha en 1999), siendo superada a escala mundial sólo por China (200000 ha) y Japón (60000 ha) (Cobos y López, 1997). La provincia de Almería es la más importante de España, contando con el 52,9 % de la superficie invernada del país (Pérez et al., 2002).

Existen en la actualidad una gran diversificación de estructuras y sistemas de control en los invernaderos. La estructura ha ido evolucionando paulatinamente, desde los primeros parrales hasta grandes invernaderos multitúnel. Con respecto al medio donde se desarrolla la planta, se distingue entre suelo y sustrato, de libre drenaje. A la hora de controlar el contenido en nutrientes disponible para la planta, este último sistema resulta más eficaz al tratarse de un medio inerte; mientras que el suelo, al ser un sistema biológicamente activo, se mantiene en constante evolución.

3.2. El problema ambiental del N en agricultura

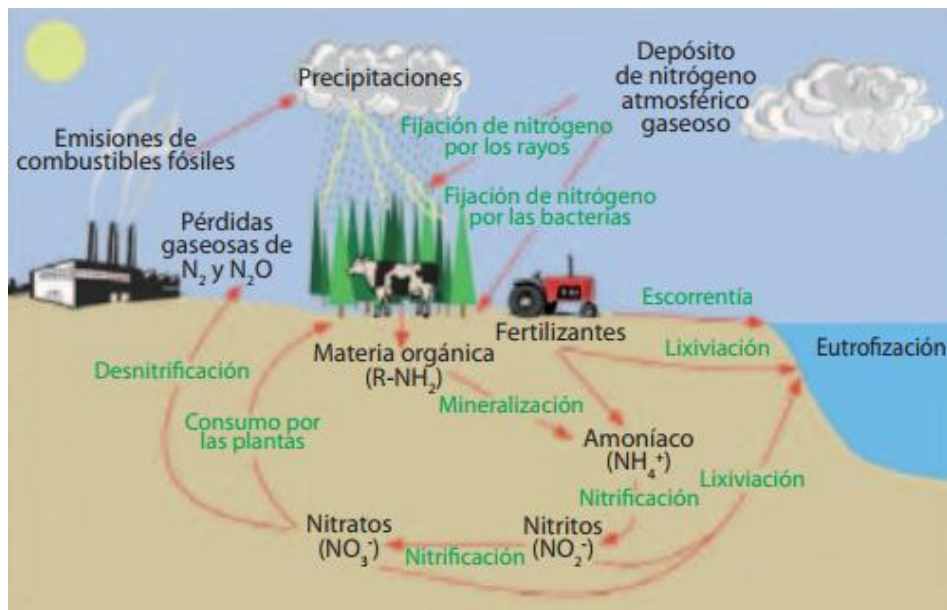
El N se puede encontrar en el medioambiente de diversas formas (Imagen X), en función de los procesos bióticos y abióticos por los que se ve influido. Sin embargo, el N solo está

disponible para la nutrición de la planta en forma de iones nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+); el problema del ion nitrato es que se drena con mucha facilidad en los suelos (Madigan et al., 2012), ya que, al tratarse de un anión, éste no es retenido por la superficie de las arcillas.

La lixiviación de nitratos representa la principal vía de escape del N en los sistemas agrarios, por encima de la volatilización amoniacal. Esta es la causa principal de la eutrofización de los recursos hídricos. Pero el problema de la lixiviación de nitratos no proviene tan sólo de la aplicación de fertilizantes minerales, sino que en muchas ocasiones el agricultor aporta estiércol con alto contenido en N, sin tener en cuenta que su mineralización proveerá de N, en muchas ocasiones suficiente para el cultivo. Así, la aplicación de fertilizantes minerales en el abonado de fondo produce un exceso de nutrientes en el suelo en una época en que los requerimientos de la planta son bajos, con lo que indudablemente se pierden en el suelo por lixiviación y producen problemas de contaminación. No parece, por tanto, tener sentido acumular un exceso de nutrientes desde el comienzo del cultivo si se va a aplicar la fertirrigación (Cadahía, 2005).

La contaminación por nitratos de las aguas continentales y litorales es uno de los fenómenos más extensos, continuados y de mayor importancia de cuantos afectan a la calidad de las aguas naturales, con los consiguientes efectos negativos sobre el medio ambiente y la salud. Esta contaminación consiste por lo general en concentraciones elevadas de nitratos en las aguas superficiales y subterráneas, si bien la eutrofización de los embalses, estuarios y aguas litorales puede producirse sin que se den necesariamente concentraciones elevadas (Consejería Agricultura Pesca y Desarrollo Rural - Junta de Andalucía, 2008).

Imagen 1. Ciclo del N. Fuente: Directiva de nitratos de la UE (Comisión Europea, 2010).



Un estudio de Bender y Marcel (2006) demostró que la biota contribuye sustancialmente a la sostenibilidad agrícola, ayudando a la incorporación de nutrientes a la planta, y al rendimiento del cultivo mediante la reducción del N lixiviado. Por lo tanto, si se mantiene un adecuado equilibrio entre la fertilización nitrogenada y la biota del suelo, se puede reducir el problema de la contaminación de acuíferos. La eutrofización de ecosistemas naturales no es el único inconveniente que presenta la lixiviación de nitratos, ya que el agua afectada puede ser también empleada para consumo humano, pudiendo provocar un problema de salud pública.

Además de su posible interacción negativa en agronomía, en lo referente a la salud, el agua o los alimentos con un alto contenido en nitratos y/o nitritos, pueden producir la enfermedad denominada metahemoglobinemia: el nitrito transforma la hemoglobina fetal a metahemoglobina, incapaz de transportar el oxígeno; también puede producirse, mediante procesos de reducción, compuestos susceptibles de ser cancerígenos, tales como nitrosaminas y nitrosamidas (García et al., 2007).

3.3. Contaminación de acuíferos en Almería

En horticultura, y especialmente en invernadero, hay más lixiviación de nitratos que en otros sistemas agrícolas, debido a los altos aportes empleados, a los elevados contenidos de materia orgánica en el suelo y a los riegos excedentarios en relación a la ETc (Dasberg, 1999). Su

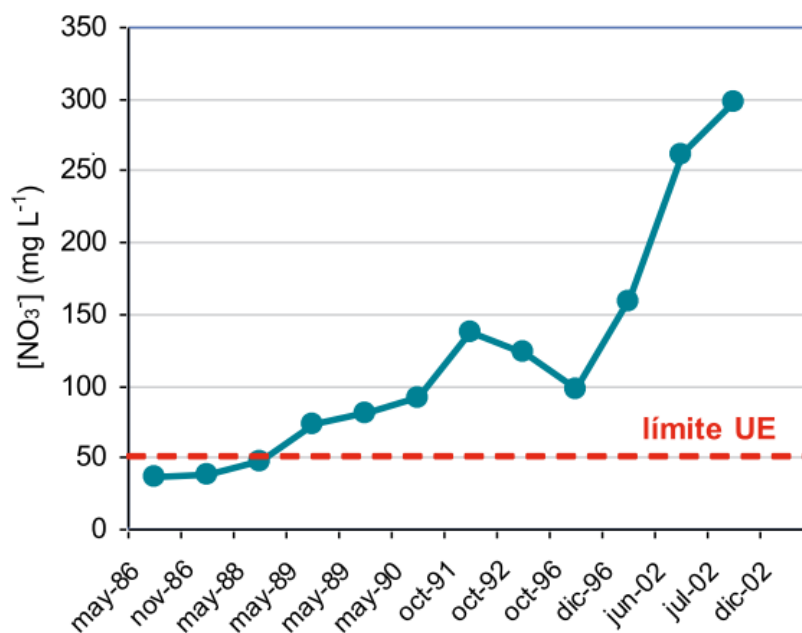
impacto ambiental puede ser notable, principalmente en los acuíferos superficiales y subterráneos (Castilla, 2005).

Cinco son las zonas que cabe considerar en cuanto a aguas subterráneas en el litoral almeriense: Cuenca del río Adra, Campo de Dalías, Cuenca del río Andarax, Campo de Níjar y Cuenca del río Almanzora (Martínez, 1997).

En el contexto de Almería, destacan como zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario (ZVN), según el decreto de la Junta de Andalucía 261/1998, el Campo de Dalías-Albufera de Adra, el Bajo Andarax y el Campo de Níjar; que representan el 95% (24,510 ha) de la superficie total invernada de la provincia de Almería (Sanjuán, 2007). Esto quiere decir que esas zonas tienen recursos hídricos con una concentración de nitratos superior al límite de 50 mg L^{-1} estipulado por la UE en su Directiva Nitratos, siendo el nivel guía de 25 mg L^{-1} .

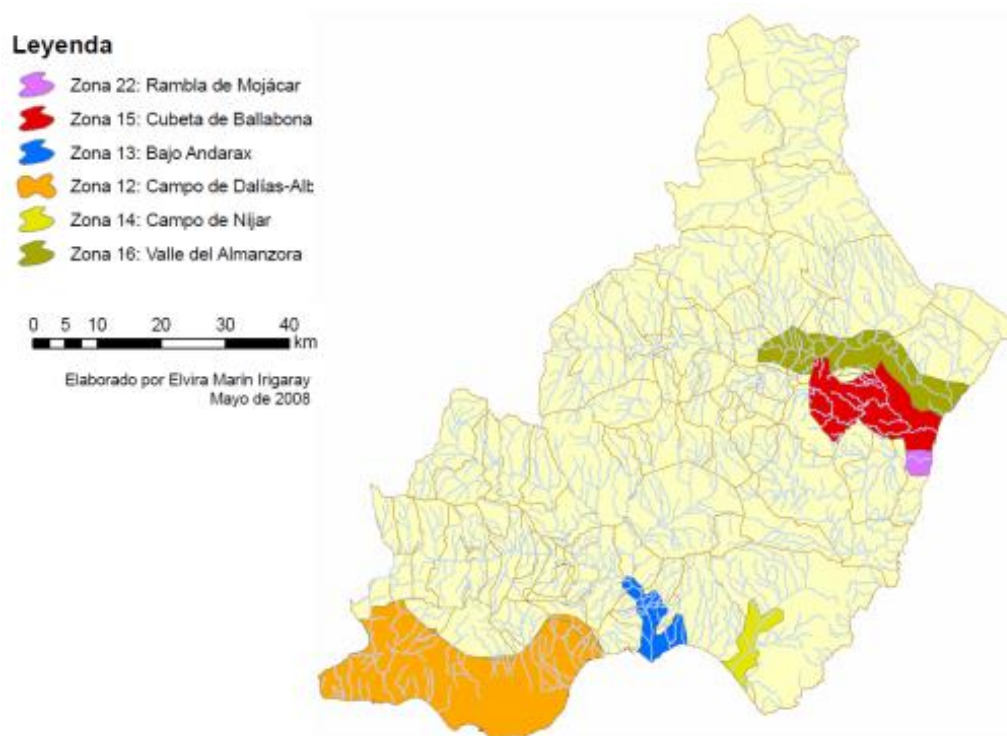
La provincia cuenta con un total de 12 términos municipales incluidos en zona vulnerable, que abarcan prácticamente el 75% de la superficie invernada provincial: Abla, Almería, Benahadux, Gádor, Huércal de Almería, Pechina, Rioja, Roquetas de Mar, Viator, Vícar, El Ejido y La Mojonera (García et al., 2007).

Imagen 2. Concentración de nitratos en el sondeo 518 del acuífero superficial 'Balerma-Las Negras' (Fuente: Cajamar, 2005).



El sistema de acuíferos del Campo de Dalías, donde se encuentra el 80% de los invernaderos de Almería, está formado por un acuífero superficial, bajo el cual se localizan dos grandes acuíferos subterráneos. Estos acuíferos más profundos son la fuente principal del agua de riego para la agricultura de la zona. El acuífero superficial recibe la mayor parte del drenaje producido en los invernaderos (Pulido, 2000).

Imagen 3. Mapa de las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos en la provincia de Almería (Decreto 36/2008). Fuente: García et al. 2006.



3.4. Legislación en la Unión Europea, España y Andalucía.

A pesar de que actualmente exista legislación referente a la protección de aguas, el problema de la contaminación por nitratos de los acuíferos no se ha podido resolver. La legislación europea se establece en las siguientes directivas (i) Directiva Marco del Agua 2000/60/CE (Anon., 2000), (ii) Directiva de Nitratos 91/676/CEE (Anon., 1991), (iii) Directiva sobre aguas subterráneas 2006/118/CE (Anon., 2006) y (iv) Directiva 98/83/CE para el agua de consumo humano (Anon., 1998).

La Directiva 91/676/CEE fue uno de los primeros actos legislativos de la Unión Europea destinados a controlar la contaminación y mejorar la calidad del agua. En ella se establece que los países miembros deberán: (i) identificar zonas vulnerables a la contaminación por nitrato, (ii) establecer planes de actuación para dichas zonas y (iii) establecer buenas prácticas agrícolas para protección contra la contaminación. La Directiva 98/83/EC establece que las áreas con aguas subterráneas con niveles de nitrato por encima de 50 mg L^{-1} sean declaradas zonas vulnerables a la contaminación con nitratos. El incumplimiento de la Directiva de Nitratos de la UE establece sanciones a las autoridades relevantes (Anon., 1991).

Más adelante, el mismo organismo formó una nueva Directiva (2000/60/CE), por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas y cuyo objetivo es conseguir el buen estado ecológico de las masas de agua para 2015.

A nivel internacional destaca el Protocolo de Gotemburgo (1999) para luchar contra la acidificación, la eutrofización y el ozono troposférico, al cual se adhirió la UE en 2004.

Tabla 1. Fechas máximas de cumplimiento legal de la Directiva del Marco del Agua (DMA).

Fuente: García et al., 2006.

Fechas máximas de cumplimiento legal	Tarea a cumplir	Artículo de la DMA
Fin de 2003	Incorporación de la DMA a la legislación nacional.	Artículo 24
Fin de 2004	Establecimiento de las demarcaciones hidrográficas Conclusión del análisis económico del uso del agua y de los estudios de las repercusiones medioambientales y de la actividad humana	Artículo 5
Fin de 2006	Puesta en marcha de los programas de seguimiento	Artículo 8
Fin de 2006	Celebración de consultas públicas sobre los elementos de los planes hidrológicos de cuenca	Artículo 14
Fin de 2008	Celebración de consultas públicas sobre los elementos de los planes hidrológicos de cuenca	Artículo 13
Fin de 2010	Aplicación de políticas de tarificación	Artículo 9
Fin de 2012	Puesta en marcha del programa de medidas	Artículo 12
Fin de 2015	Realización de los objetivos medioambientales	Artículo 4

La mayoría de los programas de acción enmarcados dentro de la Directiva Nitratos establecen el límite de aplicación de N orgánico de 170 kg de N por hectárea y año (N procedente de estiércol), además de la obligación de cumplimentar una serie de registros de fertilización nitrogenada (orgánica y mineral); otras medidas contemplan la prohibición a la hora de aplicar fertilizantes nitrogenados en periodos de lluvia, suelos con nieve y con pendientes mayores al 10%, entre otras.

En España, la Directiva del Real Decreto 261/1996 de 16 de febrero, establece que es competencia de las Comunidades Autónomas diagnosticar, identificar y dar seguimiento a las zonas vulnerables, establecer buenas prácticas agrarias y elaborar Planes de Actuación (Anón., 1996). En Andalucía, en los Decretos 261/1998 (Anón., 1999) y 36/2008 (Anón., 2008) y orden posterior del Boja Nº 157 de 7 de julio (Anón., 2009), se establecen 24 zonas vulnerables a la contaminación por nitratos (ZVN) de origen agrícola. En el Decreto 36/2008 (Anón., 2008) y ordenes posteriores, se establecen los programas de actuación aplicables a las ZVN.

Imagen 4. Hoja de fertilización nitrogenada. Fuente: Programa de Actuación en las zonas vulnerables a la contaminación nítrica de origen agrario designadas en la Comunidad Autónoma de Andalucía, Orden de 27 de junio de 2001.

HOJA DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA*
 ZONAS VULNERABLES A LA CONTAMINACIÓN POR NITRATOS PROCEDENTES DE FUENTES AGRARIAS

CAMPAÑA AGRÍCOLA _____/_____/_____

Titular de explotación _____ NIF/CIF _____
 Dirección _____ T. Municipal _____ Provincia _____ C. Postal _____ Teléfono _____

NOTA: utilizar tantas hojas de este impreso como sean necesarias.

Cultivo	Sep. Has.	S/R	Producción ks/ha.		Referencia catastral				Fertilización nitrogenada en fondo				Fertilización nitrogenada en cobertura				
			Estimada	Final	Provincia	Municipio	Polígono	Parcela	Fecha	Tipo abono	Riqueza	Kgs/ha.	Fecha	Tipo abono	Riqueza	Kgs/ha.	

* El registro de fertilización nitrogenada se irá cumplimentando conforme se vayan llevando a cabo las operaciones de abonado, en el plazo de 15 días desde la finalización de las mismas. En fertirrigación la cumplimentación del abonado de cobertura se realizará en el plazo de 15 días desde la finalización de la fertirrigación
 ** En el abonado de fondo o sementera se debe incluir la aportación de abonado orgánico (estiércol y/o purines, etc.) indicando de qué tipo de ganado procede en su caso.

3.5. La importancia del pimiento en la agricultura del sureste español

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es uno de los principales cultivos de invernadero del sureste español, tanto en superficie como en producción. En 2014, 9378 hectáreas estaban cultivadas con pimiento, con una producción final de 651170 toneladas (Fuente: Junta de Andalucía, 2014). Los tipos varietales de pimiento más importantes siguen siendo los cultivares tipo California y Lamuyo. El tipo italiano y picante se mantienen y se diversifica la producción con otras tipologías como tipo kappya, snack, etc. (Meca et al., 2016).

La producción de hortalizas bajo invernadero representa entre el 35 y el 40 % de la producción total de hortalizas, con unos 5 millones de toneladas, representando el pimiento cerca del 20 % del total de lo producido bajo invernadero (Reche, 2010). En la tabla 2 se pone de manifiesto el incremento del rendimiento en función de la tecnificación en el cultivo.

Tabla 2. Rendimientos medios nacionales del cultivo de pimiento en función del sistema de cultivo. Datos referidos al 2007. Fuente: FAOSTAT

Tipo de cultivo	Rendimiento
Secano	7000 – 10000 kg ha ⁻¹
Regadío	25000 – 30000 kg ha ⁻¹
Protegido	60000 – 65000 kg ha ⁻¹

De acuerdo con FAOSTAT año 2005, el rendimiento medio mundial del cultivo del pimiento es de 14.500 kg/ha.

En Almería, el porcentaje de cultivo en suelo sigue siendo muy superior con respecto al cultivo en sustrato (96,7 %). Las fechas más representativas para la implantación del pimiento tipo California son los meses de julio (46,3 %) y agosto (31,8 %). Mientras que el arranque suele tener lugar en los meses de febrero y abril. Las estructuras más usadas en el cultivo del pimiento han sido el parral multicapilla simétrico con el 57,3 % de la superficie, seguido por el parral plano con el 35,5 % (Meca et al., 2016).

3.6. La gestión del N en fertirriego en los invernaderos del SE español.

El sistema de fertirrigación se ha adoptado de manera general en la agricultura intensiva almeriense. Este sistema es capaz de realizar de manera simultánea tanto la irrigación como la fertilización. Mediante la fertirrigación, la incorporación de nutrientes se puede realizar

directamente mediante abonadora o aspiración, cuando el aporte de fertilizantes se realiza mediante Venturi o bomba de inyección los fertilizantes se encuentran de forma concentrada en una serie de tanques (Lorenzo et al., 2016). Actualmente, estos sistemas son los más precisos en cuanto a control en el aporte de nutrientes.

Thompson et al (2007) han señalado la importancia de las prácticas de manejo, el estiércol y los riegos excesivos en las primeras semanas como los factores principales en la lixiviación de nitratos. Los sistemas cerrados o hidropónicos de recirculación pueden reducir significativamente las pérdidas en fertilizantes, pero no lo eliminan, y la solución nutritiva empleada tiene que ser recogida al final y tratada al fin del ciclo de cultivo. Además, los sistemas cerrados requieren grandes instalaciones y costes de funcionamiento, necesitando un alto grado de automatización y habilidades técnicas, y su viabilidad económica es una cuestión de debate en el sur de Europa (De Pascale y Maggio, 2005).

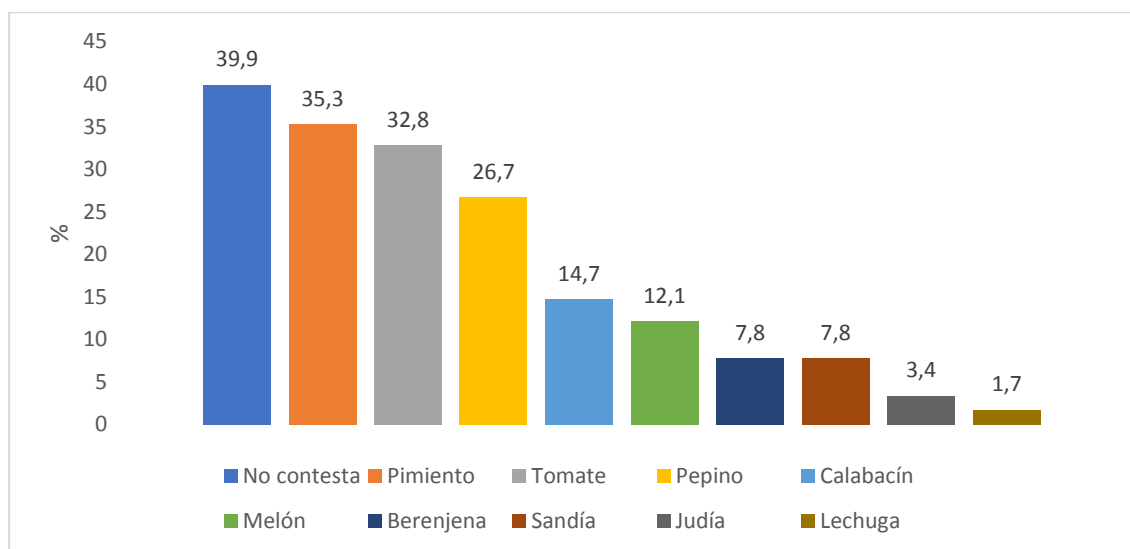
Los productores del Mediterráneo parecen haber adoptado las prácticas de fertirrigación del norte de Europa sin realizar modificaciones relevantes para adaptarlo al clima local o a los requerimientos de la planta y, en consecuencia, las concentraciones de nutrientes usadas en la práctica en la región mediterránea son prácticamente tan elevadas como las empleadas en el noroeste europeo (Muñoz, 2008). La fertirrigación no es, en muchas ocasiones, la única fuente de N en el suelo; los abonos verdes y el estiércol representan otras fuentes activas de N, en función de la tasa de mineralización.

Los agricultores suelen emplear concentraciones de N en base a las distintas recetas estándar. Así, Camacho (2008) propone 12 mmol L^{-1} de NO_3^- en la solución ideal para el cultivo de pimiento. Otros autores, como Escobar (1993) sugieren una concentración de $13,5 \text{ mmol L}^{-1}$, óptima para el cultivo de pimiento en sustrato de perlita; mientras que, para cultivo en lana de roca, Sonneveld y Straner (1994) sitúan en $15,5 \text{ mmol L}^{-1}$ la cantidad apropiada.

En cuanto a los parámetros de la solución nutritiva adecuada, Vega y Raya (2000) establecen un pH de 5,5 y una CE de $1-1,8 \text{ dS m}^{-1}$ como las condiciones ideales para la solución nutritiva en pimiento, cultivado en lana de roca. Muñoz (2008) determinó que la solución nutritiva puede ser reducida desde los 11 mmol L^{-1} hasta los 7 mmol L^{-1} bajo un drenaje diario del 30%. Este descubrimiento implica un descenso en la lixiviación de nitratos del 70% sin tener que reducir el rendimiento de tomate.

En la figura 1 se muestran los resultados de una encuesta realizada a productores, en la cual se les consultó sobre que cultivo requería de experimentos para optimizar los aportes de N. Los resultados reflejan la demanda de experimentación en el cultivo del pimiento.

Figura 1. Cultivos sobre los que se propone realizar ensayos para ajustar la fertilización nitrogenada. Fuente: García et. al, 2007.



3.7. Respuesta de los cultivos hortícolas de invernadero al N. Caso particular del pimiento.

Se ha encontrado en la bibliografía que las concentraciones óptimas de N para la mayor producción de materia seca en tallos y hojas estuvieron en el rango 8,0 – 9,2 mmol L⁻¹. El valor óptimo de concentración de N para la producción de materia seca en fruto fue de 9,4 mmol L⁻¹ (Bar-Tal et al., 2001). La concentración óptima de N para obtener el máximo rendimiento de alta calidad fue 8,2 mmol L⁻¹ y, para el mayor rendimiento total 9,4 mmol L⁻¹ (Bar-Tal et al., 2001). Por otro lado, Reche (2010) cifra la extracción de N del cultivo en 250-350 kg ha⁻¹ para una producción de 50.000 a 60.000 kg/ha, pero es difícil comparar esta cantidad con los datos de los aportes de la bibliografía pues los aportes de N dependerán de la concentración de N de la solución aplicada y del volumen de riego.

Granados (2007) realizó un experimento con N en cultivo de pimiento y tomate. Para el caso del pimiento, los dos tratamientos fueron MC (9-13 mmol L⁻¹) y MRN (7-12 mmol L⁻¹). MC (tratamiento correspondiente a las prácticas comerciales) obtuvo una producción de fruto comercial de 6,2 kg m⁻², y MRN 5,8 kg m⁻².

Un indicador comúnmente usado para evaluar la eficiencia en el uso de N por parte de la planta es la recuperación aparente del fertilizante nitrogenado el cual se refiere a la proporción de fertilizante que se ha incorporado al cultivo (Huggins and Pan, 1993). Estudios reportan que el contenido en vitamina C disminuye con el incremento en las dosis de N y K. Los valores más altos para los parámetros de calidad del fruto se obtuvieron desde N150-K150 hasta N200-K200 (N150: 17,47g/planta y N200: 23,33 g/planta) (de Oliviera et al., 2015).

En otro estudio, el rendimiento más alto fue obtenido con el 100% de la restitución de la ETc y con un aporte de N de 200 kg ha⁻¹. El rendimiento comercial fue de 72 t ha⁻¹. Además, esta dosis de N maximizó el rendimiento y la calidad de los pimientos, y los valores de uso del agua y N fueron máximos para estas condiciones (Candido et al., 2009). Cadahía (2005) estima unos aportes totales para el cultivo de pimiento de 18 g N m⁻², para un rendimiento esperado de 3,9 kg m⁻² (una planta por metro cuadrado).

Por otro lado, Soto et al. (2015) realizó experimentos en el cultivo de tomate para comprobar los efectos del N mediante la aplicación de diferentes soluciones nutritivas. Los experimentos se llevaron a cabo en dos cultivos de tomate, uno para el ciclo otoño-invierno y el otro para el ciclo primavera-verano. Las concentraciones de N fueron: N1 (0,6-1,1 mM), N2 (4,4-5,2 mM), N3 (13,4-13,6 mM) y N4 (20,5-21,7 mM). El tratamiento N3 se correspondió con las prácticas comerciales de la provincia almeriense, con la cual se obtuvo un N residual de entre 234-262 kg N ha⁻¹. La máxima producción de fruto fue lograda con N2, sin embargo, la mayor tasa de lixiviación de nitratos se consiguió con N4 (36-40 kg N ha⁻¹).

4. Materiales y métodos

4.1. Localización del ensayo

Se llevó a cabo un ensayo con cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* 'Melchor') en suelo en un invernadero plástico en condiciones representativas del sistema de producción intensivo bajo invernadero en el sudeste de España. El cultivo experimental se realizó en la Finca Experimental UAL-Anecoop, localizada en Retamar, Almería, en el sudeste de España (36° 51'N, 2° 16'O y 92 m de altitud). El invernadero tenía una estructura multicapilla de acero galvanizado con paredes de policarbonato y el techo de polietileno de baja densidad (PELD)

de capa trilaminada (200 μm de espesor) con una transmisividad de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) del 60% aproximadamente.

El invernadero carecía de sistema de calefacción y de luz artificial, con ventilación pasiva (dos paneles laterales y ventanas cenitales) y orientación este-oeste (E-O), con las líneas de cultivo alineadas norte-sur (N-S). La superficie de cultivo fue de 1327 m^2 . El suelo estaba estratificado artificialmente en el denominado "enarenado" típico de la zona (Thompson y cols., 2007), consistiendo en 20 cm de una capa aportada de textura franco-limosa situada sobre el suelo original y una capa de 10 cm de grava fina (mayoritariamente de 2 a 5 mm de diámetro) situada sobre la capa de suelo aportado. Las características físico-químicas se detallan más adelante en los anexos.

Imagen 5. Invernadero multicapilla donde se llevó a cabo el cultivo experimental.



Se empleó el riego por goteo y los nutrientes se suministraron a través de un sistema de fertirriego. El sistema de goteo se organizó en líneas pareadas con 0,8 m de distancia entre líneas de cada par, 1,2 m de separación entre pares de líneas adyacentes, y 0,5 m entre goteros dentro de una misma línea, consiguiendo una densidad de goteros de 2 goteros por m^2 . Los goteros tenían un caudal de 3 L h^{-1} . El coeficiente de uniformidad (CU) del sistema de riego fue superior al 95% en pruebas realizadas previas a la plantación. El invernadero estaba dividido en un total de 24 parcelas, midiendo cada una 6x6m; en este estudio se usaron 20 parcelas. Se aplicaron 5 tratamientos con dosis crecientes de N con cuatro repeticiones por tratamiento, dispuestos en un diseño de bloques completamente aleatorizado. Cada parcela

disponía de 3 líneas pareadas de portagoteros con 12 goteros en cada línea. Cada planta se situó en las proximidades del gotero, consiguiendo una densidad de plantación de 2 plantas m^{-2} y 72 plantas por repetición.

Imagen 6. Interior del invernadero en el día del trasplante. En la imagen de la derecha se puede apreciar al detalle la plántula de pimiento recién trasplantada, junto al tensiómetro.



El invernadero estaba dividido longitudinalmente en parcelas norte y sur por un pasillo de 2 m a lo largo de su eje este-oeste, con dos repeticiones para cada tratamiento en el lado norte y otras dos en el lado sur. Se dispuso de zonas de borde a lo largo de los bordes del invernadero.

4.2. Cultivo de pimiento y tratamientos experimentales de N

El cultivo de pimiento se desarrolló durante la campaña 2016-2017. El cultivo se inició a partir de plántulas que fueron trasplantadas a las cuatro semanas de la siembra, una vez desarrollada la primera hoja verdadera. El ciclo de cultivo se extendió del 18 de julio al 9 de marzo (233 días).

Se dispuso de cinco tratamientos experimentales de N que consistían en cinco concentraciones diferentes de N en las soluciones nutritivas aplicadas mediante fertirrigación en cada riego, desde el primer día después del trasplante (DDT) hasta el final del cultivo. Aparte del N, se aplicaron soluciones nutritivas completas sin deficiencias en el resto de nutrientes y similares para los cinco tratamientos para así asegurar que el resto de nutrientes, tanto como macro como micro, no fueran limitantes. Se aplicaron 5 tratamientos de N con

dosis crecientes de N en la solución nutritiva según se presenta en la Tabla 3. Independientemente del tratamiento, la mayoría del N se aplicó como nitrato (NO_3^-) (80% del N aplicado), el resto, en forma amoniacal (NH_4^+). El fertilizante comercial empleado para suministrar los nitratos fue YaraLiva CALCINIT.

Tabla 3. Resumen de los tratamientos de N.

Tratamiento de N	Concentración de N en la solución nutritiva (mmol L ⁻¹)		N min. Trasplante ^a (kg N ha ⁻¹)	Riego total ^b aportado en el ciclo de cultivo (mm)	ETc (mm d ⁻¹)	N total aportado (kg N ha ⁻¹)	NTD ^c (kg N ha ⁻¹)
	N1	1,8	15	319	318	80	95
N2	5,0	13	404	401	285	298	
N3	9,3	6	414	414	537	543	
N4	12,9	14	557	434	1007	1021	
N5	17,1	20	532	422	1273	1293	

^a Nitrógeno mineral presente en el suelo en trasplante en los 20 cm superiores.

^b Se incluyen los datos del riego total llevado a cabo en cada experimento dado que resulta de especial relevancia puesto que para T3 y T4 hubo un importante aporte de agua para lavado de exceso de sales.

^c Nitrógeno total disponible (N min disponible trasplante + N min aportado).

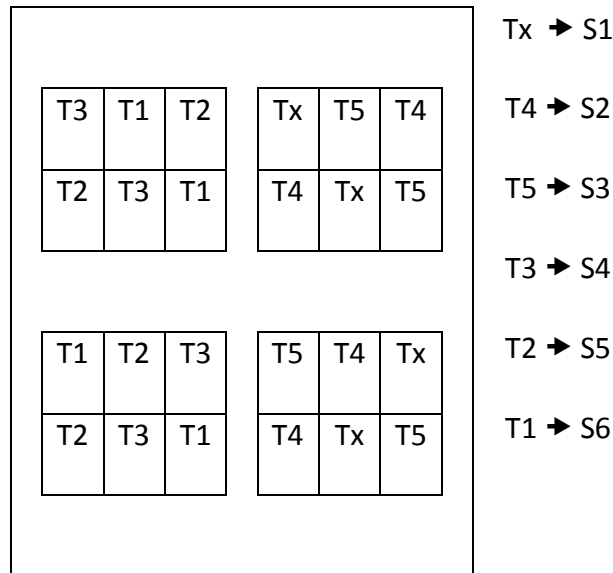
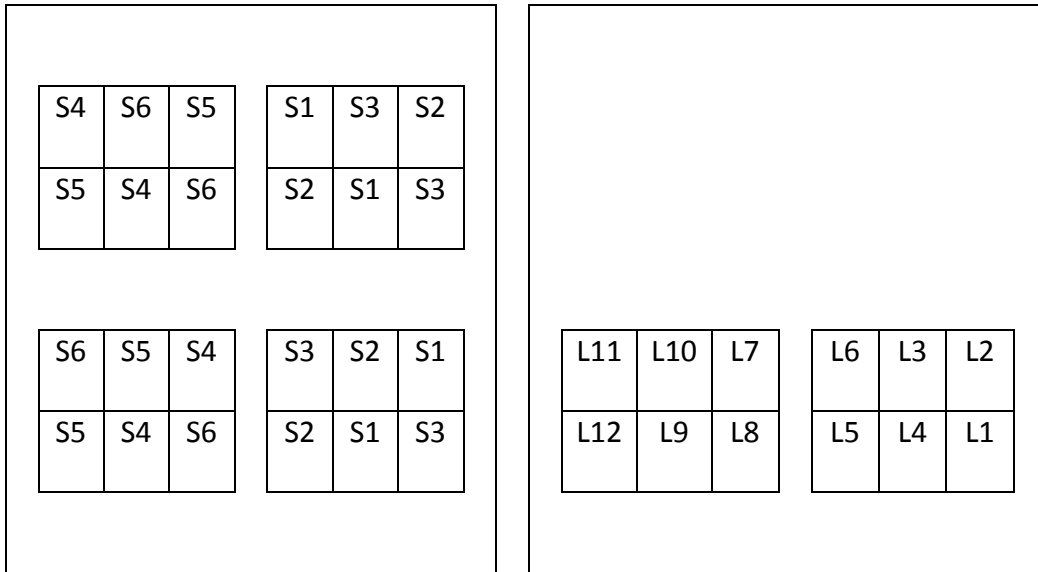
El cultivo se desarrolló siguiendo las labores y prácticas locales, siendo periódicamente podado y entutorado por hilos de nylon verticales. Los riegos se programaron para mantener el potencial matricial del suelo en la zona radicular, a 12 cm de profundidad, dentro de un rango entre -10 y -30 kPa medidos con tensiómetros (Irrrometer, Co., Riverside, Ca, EEUU) instalados en cada parcela experimental para medir el potencial matricial del suelo. Las medidas del potencial matricial del suelo se realizaron con la misma frecuencia que los riegos

(L-X-V), a primera hora de la mañana. Las altas temperaturas dentro del invernadero se controlaron mediante la técnica del encalado o blanqueo. Se empleó una solución de carbonato cálcico (CaCO_3) en dos ocasiones, la primera cinco días antes del trasplante y la segunda cuatro días después del trasplante. Las concentraciones del carbonato cálcico usadas en cada aplicación fueron, respectivamente, 0,759 y 0,400 kg L^{-1} . La transmisividad del plástico a la radiación fotosintéticamente activa (PAR) después del encalado fue del 20% aproximadamente.

4.3. Diseño experimental

El invernadero estaba dividido en 24 parcelas, con medidas de 6x6 metros, contando con 6 sectores de riego repartidos aleatoriamente mediante el diseño de bloques al azar. En este experimento se usaron 5 sectores, dejando el S1 para el Tx, con una concentración intermedia de N para limpiar el tanque antes de iniciar el siguiente tratamiento; por lo tanto, para las pruebas se utilizaron 20 parcelas. El invernadero quedó dividido en dos zonas, la zona norte y la sur, separadas por un pasillo central de dos metros de anchura. (Figura 2).

Figura 2. Distribución espacial de los sectores de riego dentro del invernadero, así como de los distintos lisímetros.



4.4. Determinaciones

4.4.1. Parámetros climáticos

A lo largo del ciclo de cultivo se tomaron datos continuos de parámetros climáticos (temperatura del aire, humedad relativa y radiación solar). La temperatura del aire y la humedad relativa se midieron con sondas de temperatura y humedad protegidos de la radiación y ventilados (Modelo 43502, R.M. Young Company, Michigan, EEUU) ubicados en la zona central del invernadero y a una altura de 1,5 m sobre el nivel del suelo. Para medir la radiación solar se empleó un piranómetro (modelo SKS 1110, Skye Instruments, Llandrindod Wells, Gales, Reino Unido). Todos los datos fueron registrados y almacenados usando un

registrador de datos (modelo CR10X, Campbell Scientific, Inc., Utah, EE. UU.). Los registros se llevaron a cabo cada cinco minutos.

4.4.2. Aportes de riego y nitrógeno

En cada riego se midió el volumen aplicado mediante caudalímetro quedando la medida registrada en el ordenador de riego. Para determinar la cantidad de N aportada, en cada riego se recogió mediante bandejas en dos goteros/ tratamiento toda la solución nutritiva aportada y se tomaron muestras para determinar el contenido de NO_3^- y NH_4^+ en la solución nutritiva. Los análisis de NO_3^- y NH_4^+ se realizaron en laboratorio usando un analizador automático continuo de flujo segmentado (modelo SAN++, Skalar Analytical B.V., Breda, The Netherlands). La cantidad de N aportado en cada tratamiento se determinó como el producto del volumen de riego y la concentración de N mineral total.

Imagen 7. Sistema de riego empleado en los experimentos. A la izquierda, las válvulas reguladoras y a la derecha, el tanque de mezclas para la solución nutritiva.



4.4.3. Drenaje y lixiviación de NO_3^-

El registro de los volúmenes de drenaje se llevó a cabo mediante lisímetros de drenaje contruidos en el invernadero. Los lisímetros de 4 m de largo x 2 m de ancho y 0.7 m de profundidad estaban ubicados en la zona sur del invernadero, ya que los drenajes se recogen en función de la pendiente del invernadero, existiendo dos lisímetros por tratamiento. El fondo y las paredes de los lisímetros estaban cubiertos de caucho butilo. El perfil del suelo en el lisímetro reprodujo el del invernadero existiendo una capa de grava en la parte inferior para facilitar el drenaje.

Imagen 8. A la izquierda, zona de recogida de los drenajes, situada en el exterior del invernadero. En la imagen de la derecha se pueden observar los distintos lisímetros delimitados.



Los volúmenes de drenaje de cada lisímetro se medían tres veces a la semana y se tomaban muestras representativas para determinar el contenido de NO_3^- y NH_4^+ con el equipo analítico descrito anteriormente para la solución nutritiva. La lixiviación de NO_3^- se determinó como el producto del volumen de drenaje y la concentración de N mineral de éste.

4.4.4. N mineral en suelo

Se realizaron muestreos de suelo inmediatamente antes y al final de cada cultivo para determinar el N mineral (NO_3^- y NH_4^+). El suelo se muestreó en incrementos de 20 cm de profundidad hasta 60 cm en cada parcela replicada de cada tratamiento. Para tratar la heterogeneidad asociada al riego combinado por goteo y fertirrigación, cada muestreo de suelo en cada parcela se realizó en dos posiciones de muestreo, una a 5 cm del gotero y otra en el centro del pasillo entre líneas pareadas. Cada incremento de profundidad de cada posición de muestreo dentro de cada ubicación replicada se trató como una muestra separada. El contenido de N mineral en el suelo se determinó después de la extracción con cloruro de potasio (KCl) (40 g de suelo húmedo: 200 ml de KCl 2 M) y el contenido de NO_3^- y NH_4^+ se determinó con el equipo analítico descrito previamente.

4.4.5. Evapotranspiración

La evapotranspiración estacional del cultivo (ETc) se determinó para cada tratamiento de N mediante balance de agua considerando el cambio en el contenido de humedad volumétrico

del suelo entre el trasplante y el fin del cultivo, el volumen total de riego aplicado y el drenaje recogido en el ciclo completo. La humedad volumétrica inicial y final se determinó gravimétricamente como parte del análisis de nitrógeno mineral en las muestras de suelo.

4.4.6. Producción de materia seca y producción de fruto

Las determinaciones de la producción de materia seca se realizaron cosechando periódicamente una planta completa de cada parcela replicada y tratamiento. Se realizaron 11 muestreos periódicos de materia seca con una frecuencia de entre 21-28 días entre muestreos a lo largo del ciclo. Las determinaciones de materia seca se hicieron secando todo el material de cada componente de la planta (hojas, tallos y frutos inmaduros) en estufa de ventilación forzada 65 ° C hasta peso constante. En trasplante se determinó la materia seca en una muestra de 100 plántulas. Adicionalmente se determinó usando la misma metodología, la materia seca del material de poda y de los frutos cosechados de 8 plantas marcadas para su seguimiento a lo largo del ciclo. Para cada muestreo de biomasa, la materia seca total se determinó sumando a la materia seca total de cada componente para esa fecha de muestreo, la de todo el material podado previamente y la materia seca de frutos cosechados.

Imagen 9. A la izquierda, materia seca correspondiente a las hojas y tallos de la planta. En la imagen de la derecha, la materia seca de las hojas preparada para el secado en la estufa, organizada en función de los diferentes tratamientos.



La producción de frutos se realizó cuando los frutos presentaban madurez comercial y color rojo en las 8 plantas marcadas de seguimiento. Se realizaron un total de 16 cosechas según tratamiento de N durante el ciclo de cultivo. En cada cosecha de fruta roja, se determinó el peso fresco y seco de fruto. La producción fresca de frutos se separó en comercial y no comercial de acuerdo a la regulación establecida por la UE en el reglamento CE 1455/99

(modificada posteriormente en el reglamento CE 2706/2000. En la categoría de fruta comercial se distinguieron según apariencia las categorías primera^a y segunda^b. Se determinó también en cada cosecha el número total y comercial de frutos y el peso medio del fruto y la materia seca del fruto.

^a Categoría I:

Los pimientos de buena calidad, seleccionados en su calibre, coloración y estado de madurez se considerarán de categoría I. Los pimientos clasificados en esta categoría serán firmes, presentando la forma, desarrollo y coloración normales de su variedad y estar prácticamente exentos de manchas.

^b Categoría II:

El calibrado no es obligatorio para la categoría II, siempre que se respete el calibre mínimo de 50 mm. Presentarán las características mínimas de calidad. Pudiendo presentar los defectos siguientes:

- Defectos de forma y desarrollo.
- Quemaduras de sol o ligeras heridas cicatrizadas.
- Ligeras grietas secas y superficiales.
- El rabo o pedúnculo puede estar dañado o cortado.

4.5. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se empleó el programa informático IBM SPSS Statistics v23.0 (IBM Corporation, Armonk, NY, EE.UU.), a través del cual se hicieron análisis de varianza (ANOVA) a los datos correspondientes. Para los datos de biomasa a lo largo del ciclo de cultivo, se realizó una ANOVA de medidas repetidas en el tiempo (RM-ANOVA), mientras que para las demás variables se empleó una ANOVA univariada. En todos los parámetros donde la ANOVA detectó efectos significativos del tratamiento de nitrógeno con una probabilidad menor del 95% ($p < 0.05$), se hicieron comparaciones por pares post hoc, y optando por el análisis LSD (Least Significant Difference). Así, se pudieron diferenciar las diferencias entre tratamientos en función del grado de significación que mostraron entre sí. Las correspondientes gráficas se

realizaron mediante la herramienta Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, WA, EE.UU.).

La relación de NTD con la producción de materia seca y con la producción total y comercial se analizó empleando un análisis de regresión lineal segmentada, pues este modelo describe muy bien la respuesta del rendimiento a dosis de nitrógeno. Este tipo de regresión consta de dos líneas de regresión, un segmento inclinado descrito por la ecuación $y = ax + b$ (si $x < x_0$), y un segmento horizontal descrito por la ecuación $y = c$ (si $x > x_0$), donde a es la pendiente del segmento inclinado y b y c son las intersecciones. El primer segmento implica un aumento lineal en la producción de materia seca o de fruto con un aumento en la disponibilidad de N, y el segundo segmento implica que la materia seca o producción de fruto no aumenta con una mayor disponibilidad de N. El programa GraphPad Prism 6.01 (GraphPad Software, Inc., La Jolla, CA, EE. UU.) se utilizó para realizar este tipo de análisis de regresión y para obtener los valores de R^2 , la ecuación del segmento inclinado y la cantidad de nitrógeno disponible a partir del cual la producción no aumentó (x_0).

5. Resultados

5.1. Parámetros climáticos

En la tabla 4 se presentan los datos recogidos de temperatura y DPV mínimos, medios y máximos; también se calculó la integral de la radiación solar. En general, los resultados obtenidos para estos parámetros climáticos se corresponden con las condiciones normales para invernaderos en ciclos de cultivo otoño-invierno, sin sistemas activos de control climático, en la costa mediterránea.

Tabla 4. Valores medios de los distintos parámetros climáticos medidos en el interior del invernadero para el ciclo de cultivo.

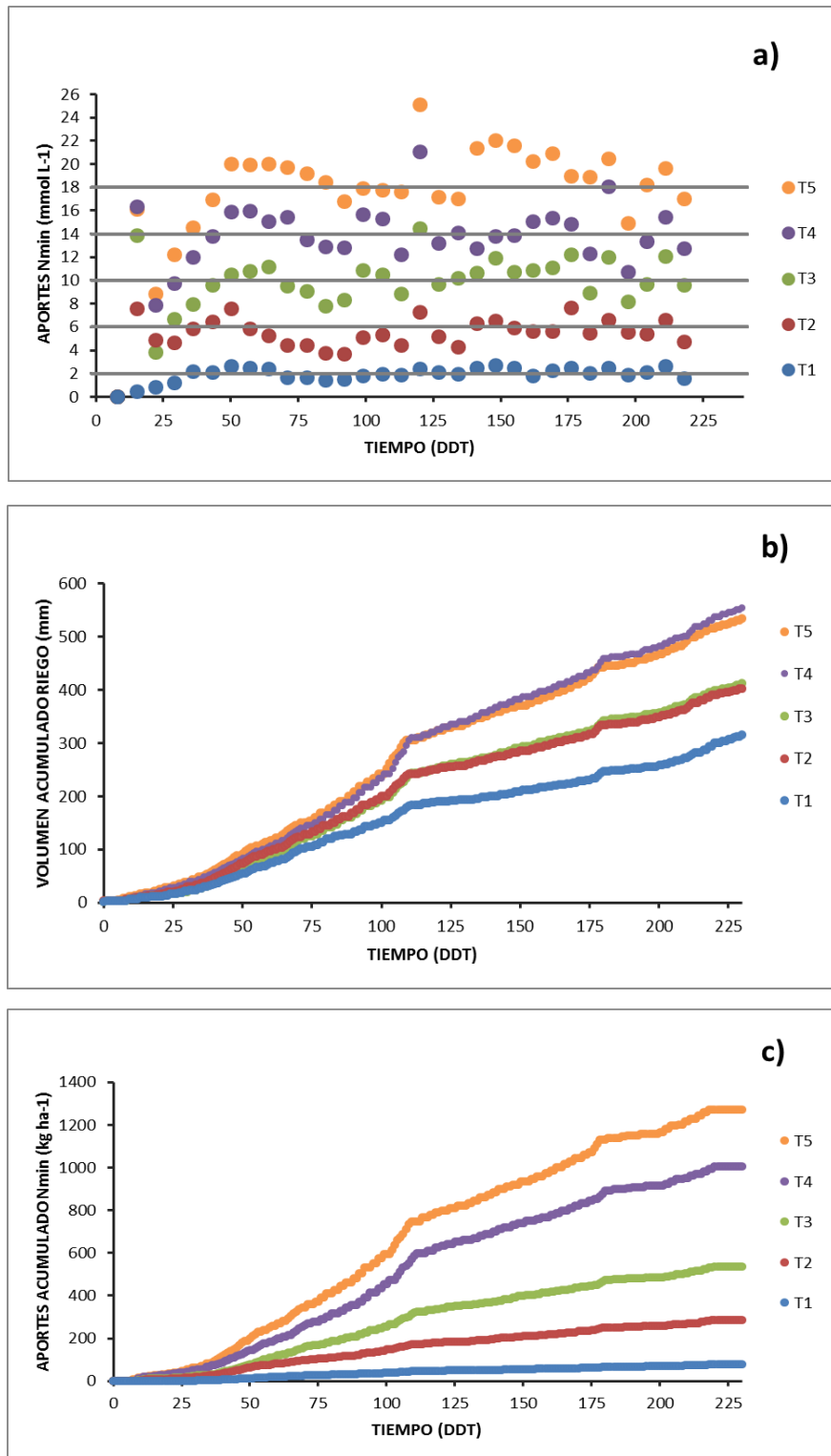
Temperatura (°C)			DPV (kPa)			Integral
Mínima	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima	radiación solar (MJ m ⁻² d ⁻¹)
14,5	19,3	26,4	0,20	0,70	1,64	6,2

5.2. Aportes de nitrógeno

En la Figura 3a se presentan medias semanales de la concentración de N en la solución nutritiva aplicada. Las concentraciones promedio de N aplicadas para el ciclo completo fueron de 1,8, 5,0, 9,3, 12,9 y 17,1 mmol L⁻¹ para los tratamientos N1, N2, N3, N4 y N5 (Tabla 3) y fueron bastante próximas a las concentraciones previstas en el diseño del ensayo de 2, 6, 10, 14 y 18 mmol L⁻¹ para los tratamientos N1 a N5 (Figura 3a). El volumen de riego osciló entre valores estacionales de 310 mm en el tratamiento N1 hasta valores de 557 mm en el tratamiento N4 (Tabla 3) y fue superior en los tratamientos N4 y N5 debido a su mayor desarrollo vegetativo y a la aplicación intencionada de riegos de lavado para el control de sales. Dado que el riego se manejó con tensiómetros en ningún tratamiento de N hubo deficiencias de agua. En la Figura 3b se presenta la evolución estacional del volumen de riego acumulado en cada tratamiento de N. Se puede observar la similitud entre la cantidad de agua aportada a N4 y N5, al igual que sucedió para N2 y N3; sin embargo, los aportes acumulados de agua en N1 se mantuvieron por debajo de los demás tratamientos. Se observa una disminución en los aportes de riego (cambio de pendiente del aporte acumulado) a comienzos de noviembre (110 DDT) coincidiendo con el comienzo del invierno y el descenso de la radiación solar.

En la Figura 3c se presentan los aportes de N acumulados a lo largo del ciclo para cada tratamiento de N observándose una clara distinción entre tratamientos para los aportes acumulados de N mineral. Los aportes de N fueron consecuencia de las concentraciones de N aplicada en cada tratamiento y de los volúmenes de riego.

Figura 3. (a) Medias semanales de los aportes de N_{min} a lo largo del ciclo de cultivo, (b) volumen acumulado de riego a lo largo del ciclo de cultivo y (c) aportes acumulados de N_{min} a lo largo del ciclo de cultivo.



5.3. Producción de materia seca

En la Figura 4 se presentan los valores estacionales de producción de materia seca para los cinco tratamientos de N comparados. Según los resultados del análisis de varianza de medidas repetidas en el tiempo, hubo diferencias altamente significativas ($P \leq 0,001$) entre tratamientos

de N a lo largo del tiempo. En la Tabla 5 se presenta un resumen del análisis de varianza de medidas repetidas en el tiempo y comparación por pares entre tratamientos según LSD para la evolución de la materia seca total ($t\ ha^{-1}$) a lo largo del ciclo de cultivo.

Imagen 10. Cuantificación de la masa de materia seca en hojas (izquierda) y tallos (derecha).



El tratamiento N1 fue en todas las fechas de muestreo estadísticamente diferente al resto (Tabla 5). En general, el orden de producción de materia seca fue $N5 > N4 > N3 > N2 > N1$. El patrón general indica una distinción entre N1 y los demás tratamientos, y en algunos casos diferencias significativas entre los tratamientos N2-N3 que fueron iguales entre ellos y N4-N5 que también lo fueron (por ejemplo, el día después de trasplante 217 al final del ciclo). Sin embargo, en muchas otras medidas (DDT 83, 162, 189), no se apreciaron diferencias significativas entre N2, N3, N4 y N5.

Figura 4. Evolución temporal de la materia seca para cada tratamiento de N. Las barras indican \pm el error estándar de 4 replicaciones.

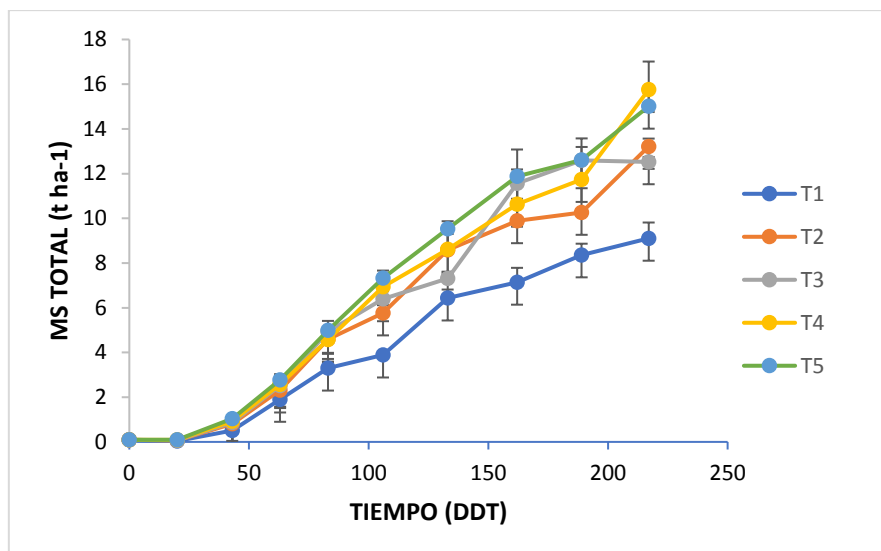


Tabla 5. Resumen del análisis de varianza de medidas repetidas en el tiempo para la evolución de la materia seca total ($t\ ha^{-1}$) a lo largo del ciclo Letras diferentes entre tratamientos para una fecha representan diferencias significativas ($P < 0.05$) según LSD. Diferencias no significativas (ns), significativas a $P < 0.05$ (*), muy significativas a $P < 0.01$ (**) y altamente significativas a $P > 0.001$ (***)

DDT	20	43	63	83	106	133	162	189	217
N1	0,04a	0,51a	1,90	3,30a	3,88a	6,43a	7,14a	8,36a	9,1a
N2	0,06ab	0,81b	2,32	4,59b	5,76b	8,58bc	9,89ab	10,26ab	13,21b
N3	0,07bc	0,86bc	2,51	4,94b	6,40bc	7,32ac	11,56b	12,59b	12,53b
N4	0,09c	0,93c	2,57	4,58b	6,93c	8,61b	10,63b	11,73b	15,75c
N5	0,09c	1,04d	2,77	4,98b	7,32c	9,53b	11,87b	12,61b	15,01c
ANOVA	**	***	n.s.	*	***	*	*	**	***

Los tratamientos de N tuvieron un efecto altamente significativo ($P \leq 0,001$) en la producción total de materia seca de hojas, frutos y materia seca total, mientras que, en la producción de

materia seca de tallos, el efecto fue muy significativo ($P < 0,01$). Sin embargo, los diferentes tratamientos no resultaron significativos en el Índice de Cosecha (Tabla 6).

Imagen 11. Comparación entre plantas correspondientes a N2 (izquierda) y N1 (derecha).



La mayor producción de materia seca total en los tratamientos N4 y N5 se debió a una mayor materia seca vegetativa (hojas y tallos) y a una mayor materia seca de frutos no viéndose afectado el índice de cosecha que fue similar entre tratamientos. En general, no hubo diferencias en la producción de materia seca entre N2 y N3, ni entre N4 y N5. Para N1, en todos los casos se obtuvieron diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos. En la producción de materia seca total, no hubo diferencias significativas entre N2 y N3, ni entre N4 y N5. En la producción de materia seca de hojas, la mayor producción correspondió al tratamiento N4, no existiendo diferencias significativas entre N2 y N3 que fueron similares a N4 y N5. Respecto a la materia seca de tallos, no hubo diferencias significativas entre N2, N3, N4 y N5. La materia seca de frutos fue máxima en los tratamientos N4 y N5.

Tabla 6: Materia seca total en hojas, tallos, frutos y biomasa total al final del cultivo, así como el índice de cosecha, para cada uno de los tratamientos. Los paréntesis indican la fracción de

materia seca total de cada componente. Letras diferentes indican las diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos. Diferencias no significativas (ns), significativas a $P < 0,05$ (*), muy significativas a $P < 0,01$ (**) y altamente significativas a $P > 0,001$ (***)).

Tratamientos	Hojas (t ha ⁻¹) 1)	Tallos (t ha ⁻¹)	Frutos (t ha ⁻¹) 1)	Total (t ha ⁻¹) 1)	Índice de cosecha
N1	1,29a (14)	2,39a (26)	5,42a (60)	9,10a	0,60
N2	2,43bc (18)	3,99b (30)	6,78b (52)	13,21b	0,51
N3	2,1b (17)	3,52b (28)	6,90b (55)	12,53b	0,55
N4	2,85c (18)	4,29b (27)	8,61c (55)	15,75c	0,55
N5	2,56bc (17)	3,78b (25)	8,67c (57)	15,01c	0,58
ANOVA	***	**	***	***	n.s.

5.4. Producción de fruto y componentes de rendimiento

Los tratamientos de N tuvieron influencia sobre el rendimiento, tanto comercial como total, con diferencias altamente significativas ($P \leq 0,001$) entre ellos (Tabla 7). El tratamiento N1 mostró siempre rendimientos por debajo de los demás, y N4 presentó el mayor rendimiento total y comercial. Sin embargo, con respecto al rendimiento comercial, no hubo diferencias significativas entre N2, N3, N4 y N5; tampoco hubo diferencias significativas entre estos tratamientos frente al rendimiento total. A pesar de que los tratamientos más altos en N produjeron más frutos de destrío, las diferencias entre tratamientos de N en producción de destrío no fueron estadísticamente significativas. (Tabla 7).

Tabla 7. Producción de fruto total, comercial (Cat. 1 y Cat. 2) y destrío para cada tratamiento. Letras diferentes indican las diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos. Diferencias no significativas (ns), significativas a $P < 0,05$ (*), muy significativas a $P < 0,01$ (**) y altamente significativas a $P > 0,001$ (***).

Tratamiento	Rendimiento total (t ha ⁻¹)	Rendimiento comercial total (t ha ⁻¹)	Rendimiento comercial		Rendimiento destrío (t ha ⁻¹)
			Categoría	Categoría	
			1 (t ha ⁻¹)	2 (t ha ⁻¹)	
N1	67,22a	55,7a	30,44a	25,26a	11,52
N2	86,44b	72,81b	37,82a	34,99a	13,63
N3	91,4b	78,14b	44,23b	33,91b	13,26
N4	94,16b	80,43b	39,62b	40,81b	13,73
N5	89,75b	74,48b	42,28b	32,20c	15,27
ANOVA	***	***	*	**	n.s.

En cuanto al análisis de la producción comercial por categorías, hubo diferencias significativas ($P < 0,05$) y muy significativas ($P < 0,01$) entre tratamientos en Categoría 1 y Categoría 2 respectivamente (Tabla 7). Los tratamientos N1 y N2 no presentaron diferencias entre ellos; por otro lado, N3, N4 y N5 tampoco tuvieron efectos significativos entre ellos. En el rendimiento de Categoría 2 hubo diferencias similares siendo el tratamiento N5 diferente al resto (Tabla 7).

El efecto de los diferentes tratamientos de N sobre los componentes del rendimiento como el peso medio del fruto fue muy significativo ($P < 0,01$), mientras que sobre el número de frutos por unidad de superficie fue altamente significativo ($P \leq 0,001$). Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre tratamientos en el porcentaje de materia seca del fruto (Tabla 8).

Imagen 11. Frutos correspondientes a la cosecha en el interior de la estufa.



Al aumentar las aplicaciones de N aumentó el número de frutos por unidad de superficie y disminuyó el peso medio de fruto. En relación al número de frutos hubo diferencias entre los tratamientos N1 y N2 mientras que no las hubo entre N3, N4 y N5. El tratamiento N1 registró el mayor peso de fruto que fue estadísticamente diferente al de los otros tratamientos (Tabla 8).

Tabla 8. Efecto de los diferentes tratamientos con N sobre los componentes de rendimiento y materia seca del fruto. Letras diferentes indican las diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos. Diferencias no significativas (ns), significativas a $P < 0,05$ (*), muy significativas a $P < 0,01$ (**) y altamente significativas a $P > 0,001$ (***)).

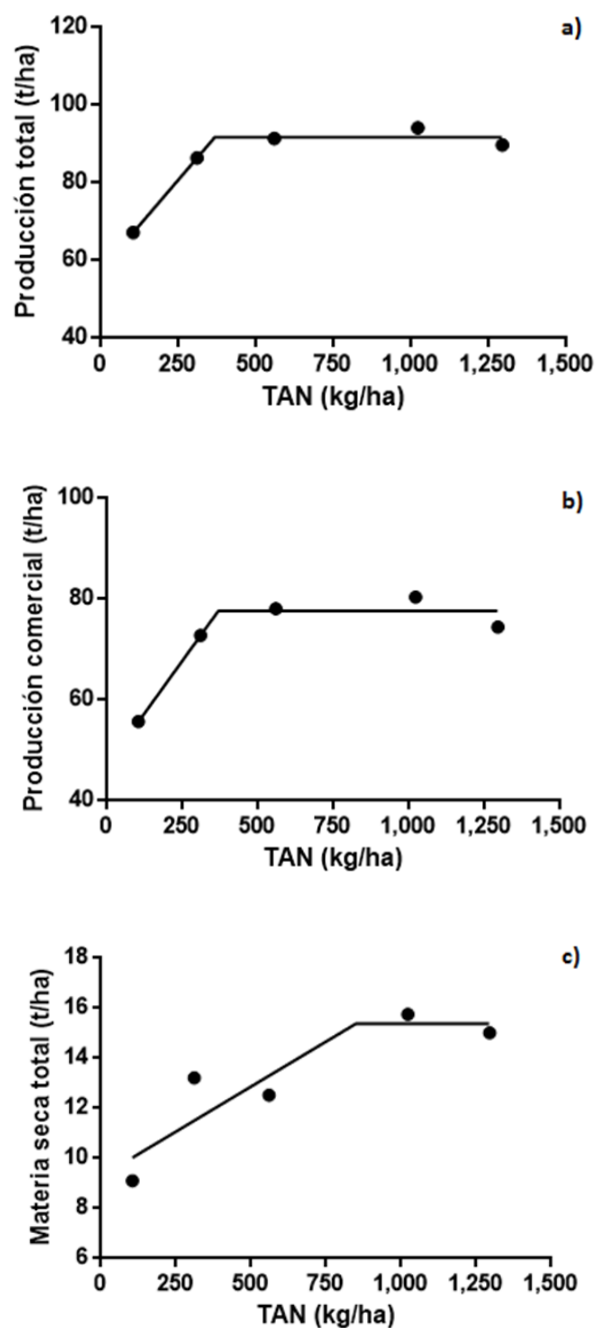
Tratamiento	Frutos m^{-2}	Peso medio fruto (g)	Materia seca fruto (%)
N1	32a	211a	8,46
N2	43b	201b	8,39
N3	46c	199b	8,49
N4	49c	191c	8,12
N5	49c	185c	8,80
ANOVA	***	**	n.s.

5.5. Relación entre el N total disponible y la producción de fruto y materia seca

En la figura 5 se representan gráficamente la relación entre (a) producción total, (b) producción comercial y (c) materia seca total, y el N total disponible según análisis de regresión lineal segmentada. Con respecto a la producción total y comercial, el rendimiento se optimizó a valores de NDT comprendidos entre los tratamientos N2 y N3; a partir de ese punto no se registraron incrementos significativos en la producción de pimiento. La producción óptima correspondió a valores de NDT de 370 y 372 $Kg N ha^{-1}$ para la producción total y comercial, respectivamente (Figura 5a, 5b).

Sin embargo, la producción de materia seca aumentó progresivamente en función del incremento de N, siendo máxima para valores de NDT de 851 $Kg N ha^{-1}$ próximos al tratamiento N4. Mayores aportes de N no produjeron un aumento en la producción de materia seca (Figura 5c).

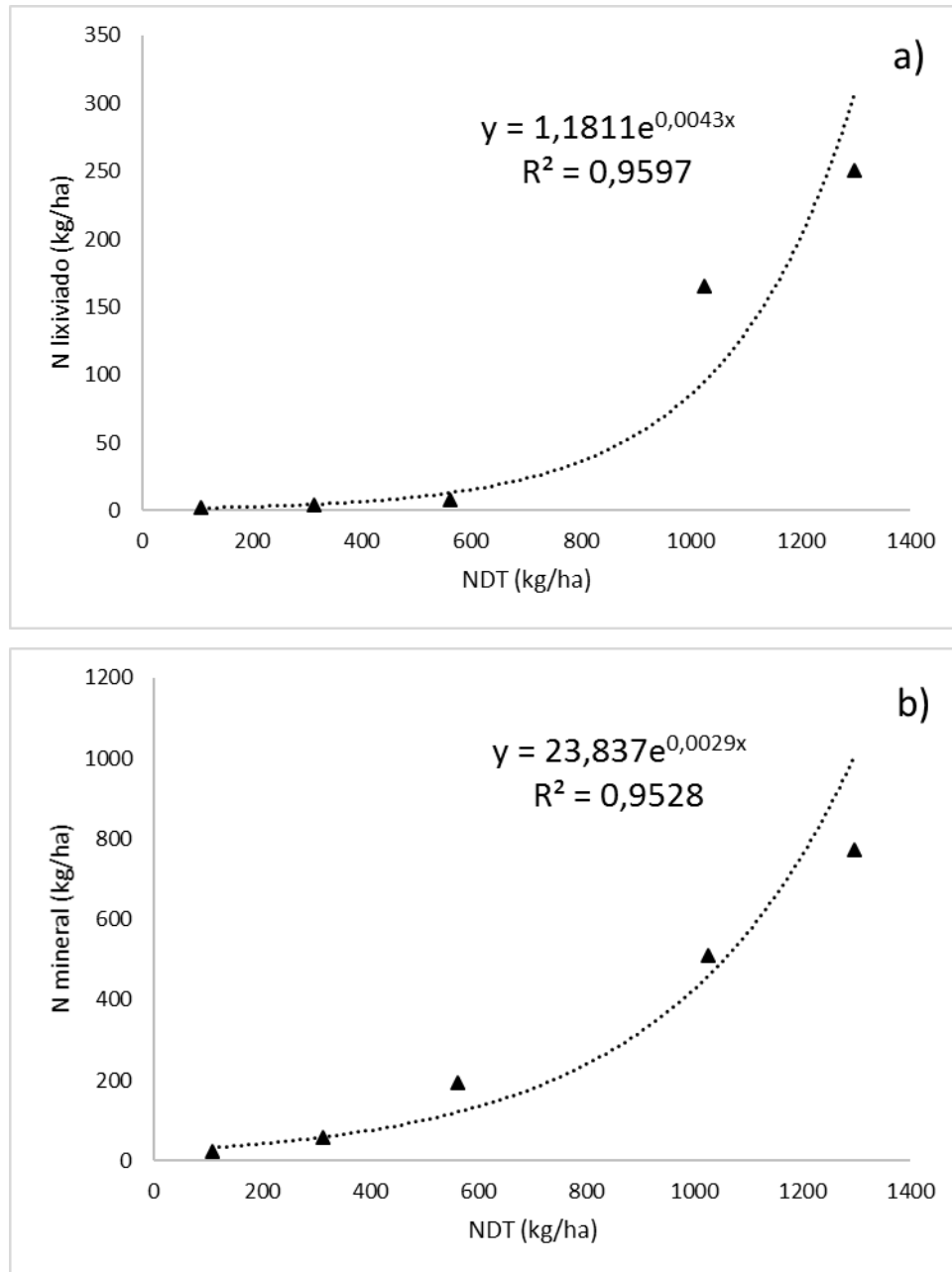
Figura 5. Respuesta del N total disponible (NTD) a (a) la producción total de fruto fresco, (b) la producción comercial de fruto fresco y (c) la producción de materia seca total.



5.6. N lixiviado y residual en función del N total disponible

La relación entre el N total disponible (NTD) y el N lixiviado y residual se representa en la figura 6. Ambas relaciones se ajustaron a curvas exponenciales. En la Figuras 6a y 6b se presentan las ecuaciones ajustadas y los R^2 .

Figura 6. Relación entre (a) el N lixiviado y N total disponible (NTD) y (b) entre el N mineral residual en los 60 cm superiores de suelo al final del ciclo y el NTD. Se presentan las ecuaciones de ajuste y el R^2 .



Las pérdidas de N por lixiviación fueron casi despreciables en los tratamientos N1, N2 y N3, pero aumentaron exponencialmente al aumentar las aplicaciones de N y de riego (Figura 6).

En el tratamiento N4 se lixiviaron 123,3 kg N ha⁻¹ y en el N5 165,8 kg N ha⁻¹. El N residual en un perfil de 60 cm se incrementó también exponencialmente al aumentar los aportes de N, obteniendo un valor máximo de N en N5 de 772 kg N ha⁻¹; para N1 y N2, el N residual no superó los 60 kg N ha⁻¹.

6. Discusión

6.1. Efectos del N sobre la producción

En el presente trabajo, el incremento en la concentración de N en la solución nutritiva supuso, en general, el aumento en la producción de materia seca por el cultivo. El tratamiento N1 tuvo un patrón de acumulación de materia seca estacional muy por debajo del resto de tratamientos, debido a la deficiencia de N. En general, la mayor producción de biomasa se produjo con las mayores aplicaciones de N. Los tratamientos N2 y N3 obtuvieron resultados similares, al igual que sucedió con N4 y N5. Los resultados de este estudio mostraron el efecto que tiene el N sobre la producción de materia seca total, la cual se optimizó con una cantidad de N total disponible de 851,3 kg ha⁻¹.

El incremento en la dosis de N no se vio reflejado en un aumento ni disminución de la relación entre materia seca de fruto con respecto a la materia seca total ya que el índice de cosecha no se modificó al aumentar la dosis de N aplicada. Sin embargo, en un estudio en tomate en invernadero, los tratamientos con concentraciones altas de N aumentaron la fracción de materia seca destinada a órganos vegetativos con un aumento del índice de área foliar y un descenso de la fracción de materia seca en frutos (Soto et al., 2015).

En este estudio la mayor producción de fruto fue de 94,16 t ha⁻¹, y se obtuvo con el tratamiento N4. Sin embargo, al no existir diferencias significativas en producción de fruto entre los tratamientos N2, N3, N4 y N5 se puede concluir que es posible reducir en gran parte los aportes de N, sin que ello perjudique al rendimiento. La producción de fruto de destrío no se vio afectada por un mayor o menor aporte de N.

El N total disponible que optimizó la producción de fruto fue 370,4 kg ha⁻¹. La cantidad de N total disponible que maximizó la producción fue semejante a la requerida para optimizar la producción comercial, que fue de 371,8 kg ha⁻¹, evidenciándose que unos mayores aportes de

N no provocaron un aumento en el rendimiento comercial. Con estos aportes de N se consiguen unos rendimientos total y comercial de, respectivamente, 91,77 t ha⁻¹ y 77,69 t ha⁻¹. En el cultivo de pimiento evaluado en este trabajo, asumiendo que la contribución de N mineral desde el suelo es despreciable y considerando una cantidad de N que optimiza la producción de 372 kg ha⁻¹, para unas necesidades hídricas medias correspondientes a un tratamiento con un desarrollo vegetativo medio como por ejemplo el N3 (Tabla 1), tendríamos una concentración de N recomendada de 6.4 mmol L⁻¹ que es considerablemente inferior a la utilizada por los agricultores de invernaderos de Almería en cultivo de pimiento. Esta concentración es inferior a la que obtuvieron Bar-Tal et al., (2001) en Israel en pimiento bajo invernadero mediterráneo. En este trabajo la concentración de N que optimizó el rendimiento de fruta fresca fue de 9.3 mmol L⁻¹ para el rendimiento total y de 8.3 mmol L⁻¹ para el rendimiento comercial. En otros cultivos de invernadero como el tomate en Almería, Soto et al., (2015) obtuvieron la máxima producción de fruto a una concentración de 5.2 mmol L⁻¹ bastante inferior a valores de 12-15 mmol L⁻¹ comunes en las prácticas comerciales. Otros trabajos en tomate han demostrado que la concentración de N umbral para optimizar la producción de fruto es 7-9 mmol L⁻¹ (Muñoz et al., 2008).

En el presente trabajo la máxima producción de materia seca se obtuvo con valores de NTD considerablemente mayores que para la máxima producción de fruto fresco, siendo el N requerido para optimizar la producción comercial un 44% del requerido para optimizar la producción de materia seca total. Similares resultados fueron encontrados para tomate de invernadero por Soto et al. (2015).

Para producir frutos de categoría 1, el N3 resultó ser el tratamiento más eficaz, alcanzando una producción de 44,23 t ha⁻¹. Un incremento en las dosis de N no se vio reflejado en un aumento en la producción de fruto de primera calidad.

En cuanto a los componentes del rendimiento, como el peso medio del fruto, estrechamente relacionado con la calidad, los resultados mostraron la elevada influencia del N sobre estos componentes. Así, el mayor peso de fruto medio se alcanzó con la dosis más baja de N, 1,8 mmol L⁻¹ y NTD de 95 kg ha⁻¹. Por otro lado, el número de frutos por unidad de superficie resultó ser mayor cuantos mayores fueron los aportes de N. Aunque, el tratamiento N3 obtuvo resultados idénticos al N5, lo que indica que no es necesario aumentar los aportes de nitrógeno para obtener más frutos por metro cuadrado. En tomate bajo invernadero el N

también provocó un aumento en el número de frutos por unidad de superficie (Soto et al., 2015)

De forma general, los cultivos responden al abonado nitrogenado de manera decreciente, es decir, los aumentos de producción por unidad adicional de abono son grandes cuando las dosis son bajas y van disminuyendo a medida que éstas se hacen mayores, hasta llegar a unos valores a partir de los cuales los incrementos de abonado ya no producen un aumento de producción (Ramos y Ocio, 1992). Los resultados de este estudio muestran como en pequeñas dosis de N, un aumento en los aportes produce un incremento sustancial de la producción, pasando de las 67,22 t ha⁻¹ producidas por el N1 a 86,44 t ha⁻¹ de N2; y, sin embargo, aportes mayores de N no suponen un aumento considerable en la producción de fruto.

6.2. Efectos del N sobre la acumulación de N en suelo y la lixiviación de nitratos

A medida que se incrementaron las dosis de N, mayor fue la cantidad de N residual presente en el suelo al final del cultivo. Hubo diferencias importantes en el N residual en el perfil del suelo entre los tratamientos N3 y N4, con valores de N mineral al final del ciclo en los 60 cm superficiales de 193,29 kg ha⁻¹ y 511,66 kg ha⁻¹ respectivamente. Este N acumulado en el suelo al final del ciclo es potencialmente lixiviable si no se considera en la planificación del abonado del cultivo siguiente, lo cual suele ser la práctica habitual en invernaderos de Almería. Además, suele ser frecuente la aplicación de riegos de volumen elevado en verano, la terminar el ciclo de cultivo, para el lavado de sales y la desinfección del suelo con riegos abundantes que lixiviarían estas elevadas cantidades de N acumuladas en el suelo (Thompson et al., 2007). Estos resultados evidencian que unos aportes similares a los del tratamiento N4 (12,9 mmol L⁻¹) que son representativos de las prácticas de los agricultores en Almería pueden tener consecuencias medioambientales negativas relacionadas con el desperdicio de fertilizante y la contaminación ambiental.

Con respecto a la lixiviación de nitratos, los resultados reflejaron unas conclusiones similares, ya que el aumento de N provocó un aumento exponencial en las pérdidas de N por lixiviación. Estas pérdidas fueron de 123,34 kg N ha⁻¹ en el tratamiento N4 mientras que en el tratamiento N3 fueron de 25,15 kg ha⁻¹. Las pérdidas de N por lixiviación fueron despreciables en los tratamientos N1 y N2, no superando los 5 kg ha⁻¹. Las elevadas cantidades de N lixiviado en los tratamientos N4 y N5 estuvieron asociadas en parte a los riegos de lavado de sales que se

aplicaron durante parte del ciclo para evitar el aumento en la conductividad eléctrica de la solución del suelo. Mientras en los tratamientos N1, N2 y N3 el riego aplicado fue equivalente a la ET_c del cultivo (Tabla 3) en los tratamientos N4 y N5 el riego de lavado para el control de sales supuso un 20% de la ET_c (Tabla 3).

Muñoz et al. (2008) llegaron a la conclusión de que en cultivo de tomate en invernadero fue posible reducir la lixiviación de nitratos en un 70% si se reducían los aportes de N desde los 11 mmol L^{-1} hasta los 7 mmol L^{-1} . En los experimentos realizados se ha podido comprobar como el cambio de N4 a N3 ha supuesto una disminución de, aproximadamente, el 80% en la lixiviación. Por otro lado, Granados et al. (2007) realizaron un experimento con el objetivo de disminuir el drenaje de nitratos mediante la disminución en los aportes de N con respecto a la metodología tradicional. Para ello se instauró un cultivo de pimiento con una solución nutritiva que contaba con 9 mmol N L^{-1} ; la lixiviación total de nitratos fue de 108 kg ha^{-1} . N3 fue el tratamiento que más se asemejó a estos aportes de N (9,3 mmol N L^{-1}), produciendo una lixiviación de 25,15 kg ha^{-1} , bastante por debajo de los resultados obtenidos por Muñoz et al. (2008). Estos aportes produjeron un total de 66 t ha^{-1} de fruto, siendo 58 t ha^{-1} comerciales. Sin embargo, el tratamiento N3 logró una producción total de 91,4 t ha^{-1} , mientras que la producción comercial fue de 78,14 t ha^{-1} .

Cuando la cantidad de N fertilizante aplicado excede a la que absorbe el cultivo suele haber una acumulación de nitrógeno mineral en el suelo que queda expuesto a ser lixiviado posteriormente. Así pues, las pérdidas de nitrato por lixiviación aumentan considerablemente cuando las dosis de abonado sobrepasan unos ciertos valores críticos; estos valores suelen ser algo inferiores a los que producen las cosechas máximas (Ramos y Ocio, 1992). A la vista de los resultados, se puede observar la correspondencia existente entre la cantidad de N residual y el N lixiviado. A partir del tratamiento N3, el cultivo no aprovecha el N disponible, por lo que se desperdician grandes cantidades de nutriente. De esta manera, el productor tiene el problema de poner en riesgo la viabilidad económica de la explotación, ya que el derroche de fertilizante nitrogenado puede suponer elevados costes y al mismo tiempo contribuye a la contaminación de los acuíferos con nitratos.

7. Conclusiones

A continuación, se presentan las principales conclusiones del trabajo de investigación.

En el cultivo de pimiento, bajo invernadero mediterráneo:

1. El aumento en la concentración de N en la solución nutritiva supuso un aumento en la producción de materia seca estacional y final. La mayor producción de materia seca correspondió a los tratamientos con las mayores aplicaciones de N. Los tratamientos N2 (5,0 mmol L⁻¹ N) y N3 (9,3 mmol L⁻¹ N) obtuvieron valores similares, al igual que sucedió con N4 (12,9 mmol L⁻¹) y N5 (17,1 mmol L⁻¹). El tratamiento N1 (1,8 mmol L⁻¹) tuvo un patrón de acumulación de materia seca estacional muy por debajo del resto de tratamientos.
2. La producción de materia seca en los distintos órganos, hojas, tallos y frutos aumentó con dosis crecientes de N, pero los incrementos en el aporte de N no afectaron al índice de cosecha manteniéndose constante la fracción de materia seca en fruto en relación a la total.
3. En cuanto a la producción fresca de fruto total y comercial de pimiento, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos N2, N3, N4 y N5. La producción de fruto de destrío no se vio afectada por un mayor o menor aporte de N. Al aumentar el aporte de N aumentó el número de frutos m⁻² y disminuyó el peso medio del fruto manteniéndose constante el porcentaje de materia seca del fruto.
4. Aplicando el análisis de regresión lineal segmentada a la relación entre el Nitrógeno Total Disponible (NTD) y la producción final de materia seca se determinó que la producción de materia seca no aumentó a partir de valores de NTD de 851,3 kg ha⁻¹ valor comprendido entre los tratamientos N3 y N4. Análogamente la producción fresca de fruto total y comercial se estabilizó a valores de NTD de 372 kg ha⁻¹ valor comprendido entre los tratamientos N2 y N3. Considerando el consumo hídrico de este cultivo, el valor mínimo de N que optimiza la producción de fruto se corresponde con una concentración de N en la solución de aporte de 6,4 mmol L⁻¹.

5. La cantidad de nitrógeno total disponible (NTD) dependiente del N aportado influyó de manera considerable sobre la acumulación de N mineral en el suelo al final del ciclo, la cual aumentó de manera exponencial a medida que se incrementaban los aportes de nitrógeno.
6. La lixiviación de nitratos aumentó exponencialmente con los aportes de N, aunque estos resultados estuvieron afectados por los riegos de lavado aplicados a los tratamientos N4 y N5 para el control del exceso de sales.
7. Este trabajo demuestra que es posible disminuir considerablemente los aportes de N en fertirriego en cultivo de pimiento en invernadero sin comprometer la producción de fruto y al mismo tiempo ahorrar fertilizantes y reducir las pérdidas de N por lixiviación.

8. Bibliografía

Bar-Tal, A., Aloni, B., Karni, L., Oserovitz, J., Hazan, A., Itach, M., Gantz, S., Avidan, A., Posalski, I., Tratkovski, N., Rosenberg, R., 2001. Nitrogen nutrition of greenhouse pepper. I. Effects of nitrogen concentration and NO₃:NH₄ Ratio on yield, fruit shape, and the incidence of blossom-end rot in relation to plant mineral composition. *HortScience*, 36(7), 1244-1251.

BOJA, 2008. Decreto 36/2008, de 5 de febrero por el que se designan las zonas vulnerables y se establecen medidas contra la contaminación por nitratos de origen agrario. Boletín oficial de la Comunidad Autónoma de Andalucía, nº36, 5-15.

Cadahia, C., Segura, M. L., Massaguer, A., 2005. Fertirrigación de cultivos hortícolas. En: Cadahia, C. (coordinador), *Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales*, 3ª Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España, pp. 401-411.

Candido, V., Miccolis, V., Rivelli, A. R., 2009. Yields traits and water and nitrogen use efficiencies of bell pepper grown in plastic-greenhouse. *Italian Journal of Agronomy*. 4(3), 91-100.

Carreño, J., Magán J. J., 1999. El riego por goteo. Manejo, cálculos de fertirrigación y otros productos. En: Camacho, F. (coordinador), Técnicas de producción de frutas y hortalizas en los cultivos protegidos, vol.1. Caja Rural de Almería, España, pp. 149-202.

Camacho, F. y Fernández, E. J. 2008. Manual práctico de fertirrigación en riego por goteo. 2ª Ed. Agrotécnicas, Madrid, España.

CE, 2000. DIRECTIVA 2000/60/CE del Consejo de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Diario oficial de la Comunidad Europea NºL 327 de 22/12/2000: 1-73

CEE, 1991. DIRECTIVA 91/676/CEE del Consejo de 12 de diciembre de 1991, relativa a la producción de aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura. Diario oficial de la Comunidad Europea NºL 375 de 31/12/1991: 1-8.

Contreras, J. I., Galindo, P., Catala, J.J., Segura, M.L., 2006. Response of greenhouse pepper crop to fertilizer levels and different qualities of irrigation water. *Acta Horticulturae* 700, 203-206.

Contreras, J.I., López, J.G., Lao, M.T., Eymar, E., Segura, M.L., 2013. Influences of nitrogen and potassium fertigation on nutrient uptake, production, and quality of pepper irrigated with disinfected urban wastewater. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 44, 767-775.

De Oliveira, F. A., Nascimento, S., de Medeiros, J. F., Mendes, E. M., da Silva, N., 2015. Quality in the pepper under different fertigation managements and levels of nitrogen and potassium. *Revista Ciência Agronômica*. 46(4), 764-773.

Franz, S., Van der Heijden, M. G. A., 2015. Soil biota enhance agricultural sustainability by improving crop yield, nutrient uptake and reducing nitrogen leaching losses. *Journal of applied ecology*. 52, 228-239.

García, M. C., Fernández, M. M., Navarro, V., Baeza, R., 2007. Contaminación por nitratos de origen agrario en horticultura protegida. Ed. IFAPA, Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía.

Granados, M. R., Thompson, R., Fernández, M. D., Gázquez, J. C., Gallardo, M. L., Martínez-Gaitán, C., 2007. Reducción de la lixiviación de nitratos y manejo mejorado de nitrógeno con sondas de succión en cultivos hortícolas. Ed. Fundación Cajamar.

Martínez, J. L., 1997. Calidad y contaminación de aguas subterráneas: Los sistemas acuíferos del campo de Dalías y cuenca del Andarax. En: Pascual, A. (coordinador), Actas del I y II seminario del agua. España, pp. 91-118.

Meca, D.E., Gázquez, J.C., García, R., Pérez, C., García-García, M.C., 2016. Cultivos. En: García, M., Céspedes, A.J., Pérez, J.J., Lorenzo, P., El sistema de producción hortícola protegido de la provincia de Almería, Ed. IFAPA, pp. 137-142.

Muñoz, P., Antón, A., Paranjpe, A., Ariño, J., Montero, J. I., 2008. High decrease in nitrate leaching by lower N input without reducing greenhouse tomato yield. *Agronomy for Sustainable Development*.

Nunes, E.S., Medeiros, J.F., Oliveira, F.A. de, Lima, L.A., Bezerra, F.M. S., Alves, R.C., 2017. Nitrogen and potassium fertigation in bell pepper cultivated in greenhouse using fertigation managements. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 21(3), 186-190.

Pérez, J., López, J. C., Fernández, M. D., 2002. La agricultura mediterránea en el siglo XXI. Ed. Fundación Cajamar.

Reche, J., 2010. Cultivo. En: Reche, J., Cultivo del pimiento dulce en invernadero. Ed. Junta de Andalucía, Sevilla, España, pp. 149-194.

Salas, M.C., 2005. Manejo de los nutrientes aportados por fertirrigación en cultivos sin suelo. *Revista Vida Rural*. 205, 38-43.

Thompson, R.B., Martínez-Gaitana, C., Gallardo, M., Giménez, C., Fernández, M.D., 2007. Identification of irrigation and N management practices that contribute to nitrate leaching loss from an intensive vegetable production system by use of a comprehensive survey. *Agricultural Water Management*. 89(3), 261-274.

Thompson, R.B., Tremblay, N., Fink, M., Gallardo, M., Padilla, F.M., 2017. Tools and strategies for sustainable nitrogen fertilisation of vegetable crops. *Advances in Olericulture*. 1, 11-63.

Tisdale, S.; Nelson y Werner, L., 1991. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Edición Hispanoamericana. (1ª Edición) Ed. UTEHA, México D.F., México.

Youzhen, X., Zhang, Fucang, Z., Junliang, F., Shengcai, Q., Haiyang, Z., Shicheng, Y., You, W., Jianke, T., 2016. Nutrition diagnosis for N in bell pepper based on critical nitrogen model in solar greenhouse. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 32(17), 89-97.

ANEXOS

Anexo I:

Características físico-químicas del suelo donde se llevó a cabo el cultivo de pimiento.

Prof. Suelo (m)	0-0,15	0,15-0,30	0,30-0,45	0,45-0,60
Total N (%)	0,10	0,06	0,04	0,03
Materia orgánica (5)	1,4	0,7	0,3	0,7
Proporción C/N	7,7	7,2	4,1	16,5
P disponible (Olsen) (mg P kg ⁻¹)	112,2	64,5	11,6	7,6
pH del suelo (1:2,5; suelo:agua)	8,9	8,8	8,6	8,4
Densidad aparente (Mg m ⁻³)	1,6	1,7	1,7	1,6
Arena (%)	31,0	69,0	57,5	43,6
Limo (%)	53,0	22,5	27,7	35,6
Arcilla (%)	16,0	8,5	14,8	20,8
Textura	Franco-limoso	Franco-arenoso	Franco-arenoso	Franco

Anexo II:

Decreto 36/2008, de 5 de febrero por el que se designan las zonas vulnerables y se establecen medidas contra la contaminación por nitratos de origen agrario. Boletín oficial de la Comunidad Autónoma de Andalucía.

1. Disposiciones generales

CONSEJERÍA DE LA PRESIDENCIA

DECRETO 36/2008, de 5 de febrero, por el que se designan las zonas vulnerables y se establecen medidas contra la contaminación por nitratos de origen agrario.

La Directiva 91/676/CEE, del Consejo, de 12 de diciembre, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura, establece la obligación de designar como zonas vulnerables todas aquellas superficies conocidas del territorio cuya escorrentía contribuya a la referida contaminación.

El Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre medidas para la protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias, supone la incorporación de la citada Directiva 91/676/CEE a nuestro ordenamiento jurídico, estableciéndose en su artículo 4 que corresponde a las Comunidades Autónomas la designación de las zonas vulnerables en sus respectivos ámbitos de competencia.

En Andalucía esta designación se lleva a cabo mediante el Decreto 261/1998, de 15 de diciembre, por el que se designan las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

De conformidad con el artículo 4.2 del citado Real Decreto 261/1996, las zonas designadas como vulnerables deberán ser examinadas y, en su caso, modificadas o ampliadas por los órganos competentes de las Comunidades Autónomas a fin de tener en cuenta los cambios o factores que no hubiesen sido previstos en el momento de su designación.

La Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, incorporada al derecho español mediante la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, de medidas fiscales, administrativas y del orden social, por la que se modifica el texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, configura una nueva política de aguas que tiene como principal objetivo conseguir el buen estado y la adecuada protección de las masas de agua definidas en el ámbito de cada demarcación hidrográfica y, en este sentido, el estado químico y ecológico de las masas de agua será objeto de verificación, control y seguimiento.

De conformidad con lo dispuesto en los artículos 3 y 4 del Real Decreto 261/1996, la determinación de las masas de agua afectadas, o con el riesgo de estarlo, por aportación de nitratos de origen agrario, es el paso previo para la designación de las zonas vulnerables: superficies territoriales cuya escorrentía o filtración afecta o pueda afectar a las masas de agua antes referidas y por consiguiente se constituyen como los elementos de referencia en la determinación de las aguas afectadas, o que puedan llegar a estarlo, por la contaminación por nitratos de origen agrario.

En el análisis realizado para determinar la necesidad de proceder a una nueva zonificación e identificar su ámbito, se han tenido en cuenta diversos trabajos elaborados por distintos organismos, entre ellos, la Consejería de Medio Ambiente, la Agencia Andaluza del Agua, la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y la Confederación Hidrográfica del Guadiana.

Además para la delimitación de las zonas vulnerables se ha empleado el Sistema de Información Geográfica de Identificación de Parcelas Agrícolas (SIGPAC), basado en polígonos, mucho más precisa que el de términos municipales completos usado en el Decreto 261/1998.

El SIGPAC fue definido por el Reglamento (CE) núm. 1782/2003 del Consejo, de 29 de septiembre, por el que se establecen disposiciones comunes aplicables a los regímenes de ayuda directa en el marco de la política común, instaura determinados regímenes de ayuda a los agricultores y modifica determinados Reglamentos, y por el Reglamento (CE) núm. 796/2004, de la Comisión, de 21 de abril, que establece disposiciones para la aplicación de la condicionalidad, la modulación y el sistema integrado de gestión y control previstos en el Reglamento 1782/2003, y ha quedado incorporado a nuestro ordenamiento jurídico por el Real Decreto 2128/2004, de 29 de octubre, por el que se regula el sistema de información geográfica de parcelas agrícolas, configurándose como el sistema de control y gestión de ayudas en el marco de la política agraria común.

Por otra parte, y en cumplimiento de la Sentencia del Tribunal de Justicia de la Comunidad Europea de 8 de septiembre de 2005, en esta nueva zonificación se incluye la designación como zona vulnerable de la Rambla de Mojácar.

Justificada la necesidad de proceder a una nueva zonificación, en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 4 del Real Decreto 261/1996 y en el ejercicio de las competencias que corresponden a la Comunidad Autónoma de Andalucía de acuerdo con el artículo 57.4 de su Estatuto de Autonomía en relación con el artículo 149.1.13ª y 23ª de la Constitución Española, en el presente Decreto se designan las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario en nuestra Comunidad Autónoma.

Se destacan como novedades del presente Decreto el establecimiento de medidas contra la contaminación por nitratos de origen agrario que comprenden, además de los programas de actuación y los programas de muestreo y seguimiento de la calidad de las aguas previstos en el citado Real Decreto, acciones de formación, divulgación, investigación y desarrollo experimental, así como el empleo de herramientas informáticas en el asesoramiento a regantes que servirán para mejorar la capacitación de los agricultores y agricultoras y el empleo de buenas prácticas agrarias.

En relación con la evaluación de la eficacia de las medidas contra la contaminación por nitratos se establece, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 9 del Real Decreto 261/1996, la obligación de elaborar cada cuatro años un informe de situación en el que se reflejará el grado de cumplimiento de la normativa de nitratos.

Por último este Decreto suprime la Comisión de seguimiento prevista en el artículo 4 del Decreto 261/1998 y articula la participación de los agentes y sectores afectados en la toma de decisiones sobre designación de zonas vulnerables a través del Consejo Andaluz del Agua que deberá informar la ampliación o modificación de las zonas designadas.

En la aplicación y desarrollo del presente Decreto las Consejerías competentes actuarán de acuerdo con los principios generales establecidos en el artículo 3 de la Ley 9/2007, de 22 de octubre, de la Administración de la Junta de Andalucía, entre ellos, el de igualdad de oportunidades y de trato de hombres y mujeres.

Por todo ello, y de conformidad con lo dispuesto en el artículo 27.6 de la Ley 6/2006, de 24 de octubre, del Gobierno de la Comunidad Autónoma, en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 4 del Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias, a propuesta de las Consejerías de Medio Ambiente, de Agricultura y Pesca y de Innovación, Ciencia y Empresa, oídas las entidades públicas y privadas afectadas, de acuerdo con el Consejo Consultivo de Andalucía y previa deliberación del Consejo de Gobierno en su reunión de 5 de febrero de 2008,

DISPONGO

Artículo 1. Objeto.

Es objeto del presente Decreto designar las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario en la Comunidad Autónoma de Andalucía y establecer medidas para conseguir la disminución de la carga contaminante de nitratos de origen agrario aportada al medio hídrico andaluz.

Artículo 2. Zonas vulnerables.

1. Se designan zonas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario en la Comunidad Autónoma de Andalucía, las siguientes:

- a) Zona 1: Ayamonte-Lepe-Cartaya.
- b) Zona 2: Valle del Guadalquivir.
- c) Zona 3: Valle del Guadalete.
- d) Zona 4: Vejer-Barbate.
- e) Zona 5: Vega de Antequera.
- f) Zona 6: Cuenca del embalse de Guadalteba.
- g) Zona 7: Bajo Guadalhorce.
- h) Zona 8: Río Fuengirola.
- i) Zona 9: Aluvial del río Vélez.
- j) Zona 10: Vega de Granada.
- k) Zona 11: Litoral de Granada.
- l) Zona 12: Campo de Dalías-Albufera de Adra.
- m) Zona 13: Bajo Andarax.
- n) Zona 14: Campo de Níjar.
- o) Zona 15: Cubeta de Ballabona y río Antas.
- p) Zona 16: Valle del Almanzora.
- q) Zona 17: Cuenca del embalse de La Colada.
- r) Zona 18: Guadalquivir-curso alto.
- s) Zona 19: Arahal-Coronil-Morón-Puebla de Cazalla.
- t) Zona 20: Sierra Gorda-Zafarraya.
- u) Zona 21: Guadiaro-Genal-Hozgarganta.
- v) Zona 22: Rambla de Mojácar.

2. Las zonas vulnerables designadas, se representan gráficamente en el mapa de zonas vulnerables que figura como Anexo I del presente Decreto.

3. Estas zonas se corresponden con los recintos de uso agrícola y de explotaciones ganaderas intensivas ubicadas en los polígonos SIGPAC enumeradas en el Anexo II del presente Decreto, junto con la indicación de las masas de agua afectadas.

La delimitación de los recintos que integran cada polígono se aprobarán posteriormente mediante resolución de la persona titular de la Dirección General de la Producción Agrícola y Ganadera y, anualmente, se publicarán a través de la página web de la Consejería competente en materia de agricultura.

4. De conformidad con lo establecido en el artículo 4 del Real Decreto 261/1996, las zonas vulnerables designadas deberán ser examinadas y, en su caso, modificadas o ampliadas como mínimo cada cuatro años, a fin de tener en cuenta los cambios o factores

que no hubiesen sido previstos en el momento de su designación.

Las propuestas de ampliación o modificación deberán ser informadas por el Consejo Andaluz del Agua.

Artículo 3. Programas de actuación.

1. Los programas de actuación deberán contener con carácter obligatorio, al menos, las medidas previstas en el Anejo 2 del Real Decreto 261/1996 y determinarán los documentos y formularios que habrán de cumplimentar las explotaciones agrícolas y ganaderas incluidas en las zonas vulnerables designadas y que servirán de seguimiento y control de la aportación de nitratos en las mismas.

Estos programas de actuación serán de obligado cumplimiento una vez se aprueben y hagan públicos.

2. Los programas de actuación se elaborarán por la Dirección General de la Producción Agrícola y Ganadera y se aprobarán por Orden de la Consejería competente en materia de agricultura.

De conformidad con lo dispuesto en el artículo 6.4 del Real Decreto 261/1996, los programas de actuación se revisarán al menos cada cuatro años y, en su caso, se modificarán si fuera necesario para incluir aquellas medidas adicionales que se consideren oportunas a la vista del grado de cumplimiento alcanzado.

3. De conformidad con lo dispuesto en el artículo 6.2 del Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, se podrán establecer programas de actuación diferentes para distintas zonas vulnerables o partes de éstas, dependiendo de la intensidad de la actividad agraria y el nivel de riesgo asociado a la misma.

4. Los servicios de asesoramiento, previstos en el artículo 13 del Reglamento (CE) núm. 1782/2003 y regulados en el Decreto 221/2006, por el que se regula el reconocimiento y registro de las entidades que prestan servicio de asesoramiento a las explotaciones agrarias en Andalucía y la concesión de ayudas a su creación, adaptación y utilización, podrán informar y asesorar sobre los programas de actuación.

5. La Consejería competente en materia de agricultura controlará el cumplimiento de las medidas contempladas en los programas de actuación utilizando, entre otros instrumentos, el sistema de controles de condicionalidad establecido en el Reglamento (CE) núm. 1782/2003 y en el Reglamento (CE) núm. 796/2004. Asimismo, elaborará anualmente un informe sobre el grado de cumplimiento de dichas medidas.

6. El incumplimiento de las medidas y obligaciones establecidas en el programa de actuación dará lugar a la aplicación de las penalizaciones contempladas en el artículo 66 y siguientes del Reglamento (CE) núm. 796/2004 o, en su caso, a la aplicación de lo dispuesto en los Capítulos II y III del Título V de la Ley 8/2003, de 24 de abril, de sanidad animal o a lo previsto en la Sección 4.ª, Capítulo III, Título VIII de la Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.

Artículo 4. Programa de muestreo y seguimiento de la calidad de las aguas.

1. El programa de muestreo y seguimiento de la calidad de las aguas se elaborará, aprobará y ejecutará por la Consejería competente en materia de medio ambiente para cada demarcación hidrográfica de acuerdo con las competencias que correspondan a la Comunidad Autónoma, con las especificaciones y plazos que fija el artículo 8 del Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero.

2. En el programa de muestreo y seguimiento de la calidad de las aguas de cada demarcación hidrográfica

se incluirán necesariamente las masas de agua afectadas indicadas en el Anexo II.

Artículo 5. Acciones de formación y divulgación.

La Consejería competente en materia de formación e investigación agraria, a través del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica, y en coordinación con la Consejería competente en materia de agricultura, desarrollará un programa específico de formación y divulgación de prácticas adecuadas en el abonado nitrogenado en los cultivos, así como en la gestión de estiércoles y purines en las explotaciones ganaderas.

Artículo 6. Acciones de investigación y desarrollo experimental.

La Consejería competente en materia de formación e investigación agraria, a través del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica, y en coordinación con la Consejería competente en materia de agricultura, promoverá el desarrollo de proyectos de investigación científica dirigidos a mejorar el conocimiento del nivel de nitrógeno en los sistemas agua-suelo-planta, como base para la toma de decisiones en la utilización correcta de los fertilizantes nitrogenados y en la gestión de los residuos sólidos y líquidos de las explotaciones ganaderas.

Artículo 7. Mejora de las técnicas de riego.

La Consejería competente en materia de agricultura pondrá a disposición de los agricultores, en particular en las zonas designadas como vulnerables, herramientas informáticas para el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos, que les permita realizar una correcta programación de los riegos de sus parcelas y, con ello, hacer un uso más eficiente del agua evitando los efectos de escorrentía y lixiviación, en colaboración con los servicios locales de asesoramiento al regante.

Artículo 8. Evaluación de la eficacia de las medidas contra la contaminación por nitratos.

1. Las Consejerías competentes en materia de agricultura y de medio ambiente, con la colaboración de la Consejería competente en materia de formación e investigación agraria, elaborarán conjuntamente un programa de control y seguimiento de la eficacia de las medidas contra la contaminación por nitratos que tendrá en cuenta los resultados de los programas de muestreo y seguimiento de la calidad de las aguas establecidos en el artículo 4, así como los resultados de las acciones de formación, divulgación, investigación y asesoramiento contenidas en los artículos 5, 6 y 7 del presente Decreto.

2. La evaluación de la eficacia de las medidas contra la contaminación por nitratos, partiendo del progra-

ma de control y seguimiento regulado en el apartado anterior, se realizará conjuntamente por las Consejerías competentes en materia de agricultura y de medio ambiente, con la colaboración de la Consejería competente en materia de innovación y ciencia, al menos cada año y podrá dar lugar, en función de los resultados obtenidos, a una propuesta de revisión de las medidas contra la contaminación por nitratos y de las zonas vulnerables, en su caso.

3. Las Consejerías competentes en materia de medio ambiente y de agricultura elaborarán cada cuatro años el informe de situación regulado por el artículo 9 del Real Decreto 261/1996 en el que se recogerá el grado de cumplimiento de la normativa de nitratos que elevarán al Ministerio de Medio Ambiente.

Disposición transitoria única. Vigencia del programa de actuación.

Las medidas del programa de actuación aprobado por la Orden de 27 de junio de 2001 serán de obligado cumplimiento hasta que se produzca la revisión prevista en el artículo 3.2 del presente Decreto.

Disposición derogatoria única. Derogación de normas afectadas.

Quedan derogadas cuantas disposiciones de igual o inferior rango se opongan a lo dispuesto en este Decreto y en particular, queda derogado el Decreto 261/1998, de 15 de diciembre, por el que se designan las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

Disposición final primera. Autorización para desarrollo.

1. Se faculta a los Consejeros de Innovación, Ciencia y Empresa y de Agricultura y Pesca y a la Consejera de Medio Ambiente para dictar cuantas disposiciones sean necesarias para el desarrollo de lo establecido en el presente Decreto, en el ámbito de sus respectivas competencias.

2. Se faculta al Consejero de Agricultura y Pesca y a la Consejera de Medio Ambiente para la modificación o ampliación de zonas vulnerables mediante orden conjunta.

Disposición final segunda. Entrada en vigor.

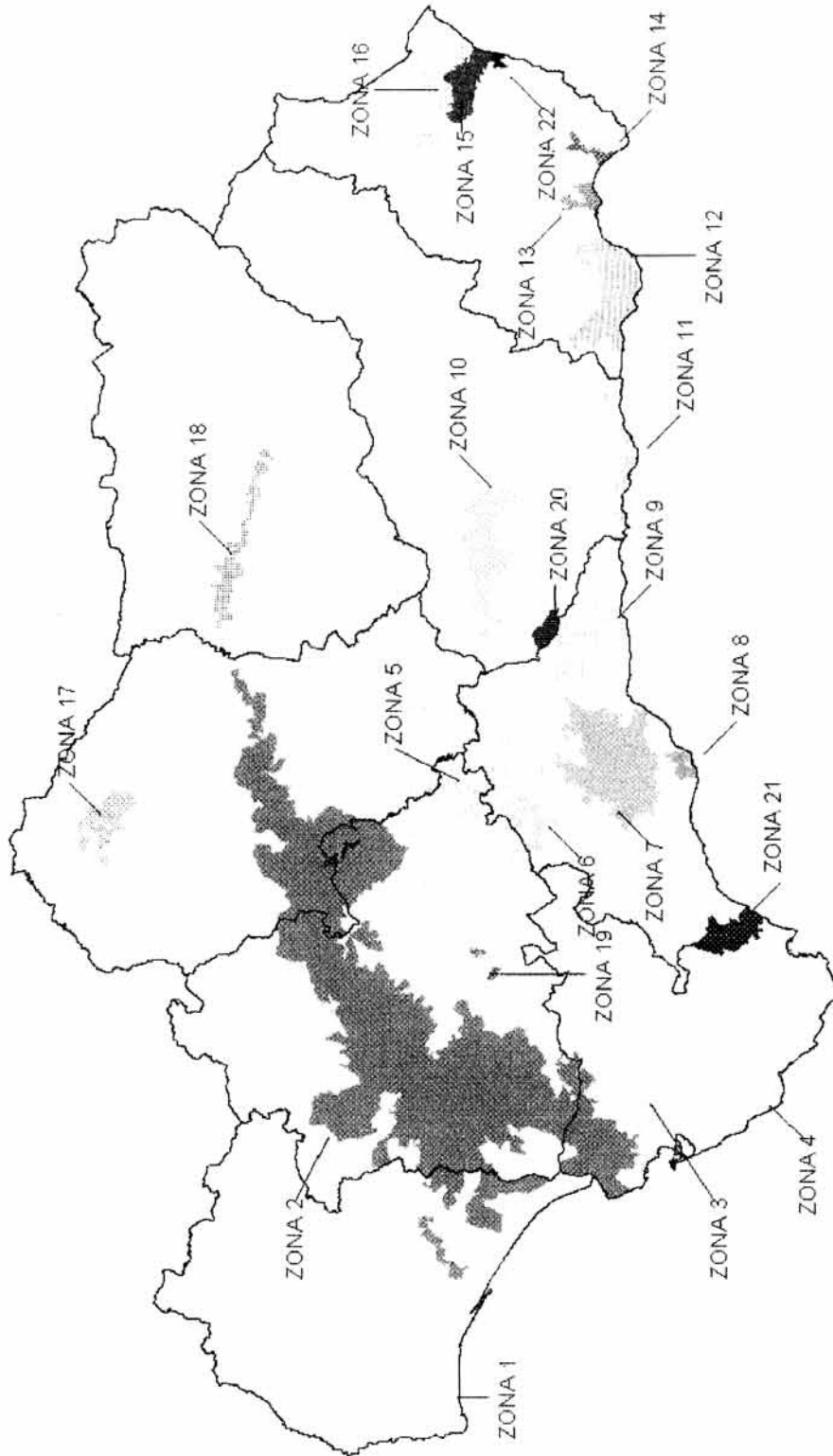
El presente Decreto entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el Boletín Oficial de la Junta de Andalucía.

Sevilla, 5 de febrero de 2008

MANUEL CHAVES GONZÁLEZ
Presidente de la Junta de Andalucía

GASPAR ZARRÍAS ARÉVALO
Consejero de la Presidencia

ANEXO I
MAPA DE ZONAS VULNERABLES



- Zona 1: Ayamonte-Lepe-Cartiaya.
- Zona 2: Valle del Guadalquivir.
- Zona 3: Valle del Guadalete.
- Zona 4: Vejer-Barbate.
- Zona 5: Vega de Antequera.
- Zona 6: Cuenca del embalse de Guadalleba.
- Zona 7: Bajo Guadalhorca.
- Zona 8: Río Fuengirola.
- Zona 9: Aluvial del río Vélez.
- Zona 10: Vega de Granada.
- Zona 11: Litoral de Granada.

- Zona 12: Campo de Dalías-Albufera de Adra.
- Zona 13: Bajo Andarax.
- Zona 14: Campo de Níjar.
- Zona 15: Cubeta de Ballabona y río Anlas.
- Zona 16: Valle del Almanzora.
- Zona 17: Cuenca del embalse de La Colada.
- Zona 18: Guadalquivir-curso alto.
- Zona 19: Arahai-Coronil-Morón-Puebla de Cazalla.
- Zona 20: Sierra Gorda-Zafarraya.
- Zona 21: Guadiaro-Genal-Hozgarganta.
- Zona 22: Rambla de Mojácar.

ANEXO II
A. DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS VULNERABLES

ZONA 1: AYAMONTE-LEPE-CARTAYA														
ZONA	PROVINCIA	MUNICIPIO	PRO	MUN	POLIGONO									
1	HUELVA	Isla Cristina	21	42	2	3								
1	HUELVA	Lepe	21	44	7	8	9	10	11	12	13			
ZONA 2: VALLE DEL GUADALQUIVIR														
2	CADIZ	Chipiona	11	16	1	2	3	4	5	6	7	8		
2	CADIZ	Espera	11	17	26	28								
2	CADIZ	Jerez de la Frontera	11	20	1	2	3	4	5	6	7	8		
2	CADIZ	Puerto de Santa María (El)	11	27	1	2	3	4	5	6	7	16		
2	CADIZ	Rota	11	30	1	4	5	11	12	20				
2	CADIZ	Sanlúcar de Barrameda	11	32	1	2	3	4	5	6	7	8		
2	CADIZ	Trebujena	11	37	3	4	5	6	7	8	9	10		
2	CÓRDOBA	Almodóvar del Río	14	5	1	5	6	7	8	9	10	11		
2	CÓRDOBA	Bujalance	14	12	16	17	23							
2	CÓRDOBA	Carlota (La)	14	17	1	2	3	6	7	8	9	10		
2	CÓRDOBA	Carpio (El)	14	18	2	3	4	5	6	7				
2	CÓRDOBA	Córdoba	14	900	1	3	4	5	10	34	35	36		
					105	106	107	108	109	111				
2	CÓRDOBA	Fuente Palmera	14	30	1	2	3	4	5	6	7	8		
2	CÓRDOBA	Guadalcazar	14	33	1	2	5	6	7	8	9	10		
2	CÓRDOBA	Hornachuelos	14	36	26	27	28	29	30	32	33	34		
2	CÓRDOBA	Montoro	14	43	1	4	5	9						
2	CÓRDOBA	Palma del Río	14	49	1	2	3	4	5	6	7	8		
2	CÓRDOBA	Pedro Abad	14	50	3	4	5	6						
2	CÓRDOBA	Posadas	14	53	1	2	3	4	5	6	7	8		
2	CÓRDOBA	Rambla (La)	14	57	37	38	39	40	41					
2	CÓRDOBA	San Sebastián de los Ballesteros	14	59	1									
2	CÓRDOBA	Santaella	14	60	1									
2	CÓRDOBA	Villafranca de Córdoba	14	67	2	3	4							
2	HUELVA	Almonte	21	5	8	25	27	44	45	46	49	50		
2	HUELVA	Bollulos Par del Condado	21	13	1	15	17	18	19	29	30	31		
2	HUELVA	Bonares	21	14	9	10	15	16						
2	HUELVA	Chucena	21	30	6	7								
2	HUELVA	Hinojos	21	40	6	7	9	10	11	12	13	14		
2	HUELVA	Lucena del Puerto	21	46	8	9	10	11	12	13	16	17		
2	HUELVA	Moguer	21	50	31	32								
2	HUELVA	Rociana del Condado	21	60	2	3	10	11	12	13				
2	SEVILLA	Albaida del Aljarafe	41	3	3	4	5	6	7	8	9			
2	SEVILLA	Alcalá de Guadaira	41	4	1	2	3	4	6	7	8	9		
2	SEVILLA	Alcalá del Río	41	5	2	3	4	5	6	7	8	9		
2	SEVILLA	Alcolea del Río	41	6	1	2	3	4	5	6	7	8		
2	SEVILLA	Algaba (La)	41	7	1	2	3	4	5	6	7	8		
2	SEVILLA	Almensilla	41	10	1	2	3	4	5	6	7	8		
2	SEVILLA	Aznalcázar	41	12	1	2	3	4	5	6	7	8		
2	SEVILLA	Aznalcóllar	41	13	11	12	13	14	18	19	20			
2	SEVILLA	Benacazón	41	15	2	3	4	5	6	7	8	9		
2	SEVILLA	Bollulos de la Mitación	41	16	1	2	3	4	5	6	7	8		
2	SEVILLA	Bormujos	41	17	1	2	4	5	6	7	8	9		
2	SEVILLA	Brenes	41	18	1	2	3	4	5	6	7	8		
2	SEVILLA	Burguillos	41	19	4	5	6	7						
2	SEVILLA	Cabezas de San Juan (Las)	41	20	1	2	3	4	5	9	11	15		
2	SEVILLA	Camas	41	21	1	2	3	4	5	8				
2	SEVILLA	Campana (La)	41	22	1	6	9	10	11	14	16	17		
2	SEVILLA	Cantillana	41	23	3	4	7	10	11	12	13	14		
2	SEVILLA	Cañada Rosal	41	103	1	2	3	4						
2	SEVILLA	Carmona	41	24	1	2	3	4	5	6	7	8		
					46	47	48	49	50	51	52	53		
					54	55	56	57	58	59	60	61		
					62	63	64	65	66	67	68	69		
					70	71	72	73	74	75	76	77		
					78	79	80							
					81	82	83	84	85	86	87	88		
					89	90	91	93	94	96	97	116		
					124									
2	SEVILLA	Carrión de los Céspedes	41	25	1	2	4	5	6					
2	SEVILLA	Castilleja de Guzmán	41	28	1									
2	SEVILLA	Castilleja de la Cuesta	41	29	1									
2	SEVILLA	Coria del Río	41	34	1	2	3	4	5	6	7	8		
2	SEVILLA	Cuervo de Sevilla (El)	41	105	1	3	4	6	7	8				
2	SEVILLA	Dos Hermanas	41	38	1	2	3	4	5	6	8	9		
					40	41	999							
2	SEVILLA	Écija	41	39	3	4	5	6	7	8	9	10		
					11	12	13	14	15	16	17	18		
					19	20	21	22	23	24	25	26		
					27	28	29	30	31	32	33	34		
					35	36	37	38	39	40	42	43		
					44	45								
					62	63	64	65	66	67	68	69		
					70	71	72	73	74	75	85	86		
					87									
2	SEVILLA	Espartinas	41	40	1	2	3	4	5	6	7	8		
2	SEVILLA	Garrobo (El)	41	43	1	2	3	5	7					
2	SEVILLA	Gelves	41	44	1	2	3	4	5					
2	SEVILLA	Gerena	41	45	1	2	3	4	5	10	11	12		

ANEXO II

B) MASAS DE AGUAS AFECTADAS

ZONA 1. AYAMONTE -LEPE -CARTAYA

Masas de agua afectadas

Superficiales	Subterráneas:
	30596 -Ayamonte
	30594 -Lepe-Cartaya

ZONA 2. VALLE DEL GUADALQUIVIR

Masas de agua afectadas

Superficiales	Subterráneas:
20875 – El Carpio -Villafranca	30581 -Rota-Sanlúcar-Chipiona
11918	30556 -Aljarafe
20873 – Alcalá del Río -Cantillana	30533 -Niebla-Posadas
20596 – Derivación del Retortillo	30546 -Sevilla-Carmona
11903	30535 -Altiplanos de Ecija
11902	30527 -Aluvial del Guadalquivir (Sevilla)
11650	30559 -Almonte -Marismas
11643	30576 -Sierra de Lebrija
11642	
11638	
11634	
11631	
11633	

510004 -Desembocadura Guadalquivir -Bonanza

510005 -La Esparraguera -Tarfia

510006 -La Mata -La Horcada

510007 -Cortas de los Jerónimos, los Olivillos y Fernandina

510008 -Brazo del Este

510009 -Cortas de los Jerónimos, los Olivillos y Fernandina

510010 -Dársena Alfonso XII

510011 -Corta de la Cartuja

510013 -Corta San Jerónimo -Presa de Alcalá del Río

510014 -Guadimar y Brazo del Oeste

510015 -Encauzamiento del Guadaira

20370 -Laguna de Zarracatin

20368 – Laguna de los Tollos

1034005 – Laguna de Taraje

1034008 – Laguna de la Cigarrera

1034012 – Laguna Salada de Zorrilla

ZONA 3. VALLE DEL GUADELETE

Masas de agua afectadas

Superficiales	Subterráneas
11904 – Río Guadalete	30580 -Jerez de la Frontera
520010 -Estuario del Guadalete 1 (Puerto de Santa María)	30584 -Puerto Santa María
520011 -Estuario del Guadalete 2	30586 -Puerto Real-Conil
520012 -Estuario del Guadalete 3	
520013 -Estuario del Guadalete 4	

ZONA 4. VEJER -BARBATE

Masas de agua afectadas

Superficiales	Subterráneas
	30586 -Puerto Real-Conil
	30588 -Vejer-Barbate

ZONA 5. VEGA DE ANTEQUERA

Masas de agua afectadas

Superficiales	Subterráneas
11546 Alto Guadalhorce	30566 -Sierra y Miocena de Estepa
988004 – Laguna de Tíscar	30472 -Llanos de Antequera -Vega de Archidona
987006 – Laguna de Ballestera	30500 -Fuente de Piedra
1006002 – Laguna Amarga	30536 -Puente Genil -La Rambla -Montilla
1022001 – Laguna del Gosque	30560 -Osuna
987012 – Laguna de Donadio	

ZONA 6. CUENCA DEL EMBALSE DE GUADALTEBA

Masas de agua afectadas

Superficiales	Subterráneas
20049 – Embalse del Gaudalteba	30507 -Sierras de Teba -Almargén -Campillos

ZONA 7. BAJO GUADALHORCE

Masas de agua afectadas

Superficiales	Subterráneas
13185 -Desembocadura Guadalhorce	30503 -Bajo Guadalhorce
13184 -Bajo Guadalhorce	
13182 -Medio Guadalhorce	

ZONA 8. RÍO FUENGIROLA

Masas de agua afectadas

Superficiales	Subterráneas
	30488 -Río Fuengirola

ZONA 9. ALUBIAL DEL RÍO VÉLEZ

Masas de agua afectadas

Superficiales	Subterráneas
13187 -Vélez y Bajo Guaro	30487 -Río Vélez

ZONA 10. VEGA DE GRANADA

Masas de agua afectadas

Superficiales	Subterráneas
11911	30567 -Depresión de Granada
11817	

ZONA 11. LITORAL DE GRANADA

Masas de agua afectadas

Superficiales	Subterráneas
	30483 -Carchuna – Castell de Ferro
	30484 -Motril – Salobreña
	30485 -Río Verde
	30482 -Albuñol

ZONA 12. CAMPO DE DALÍAS – ALBUFERA DE ADRA

Masas de agua afectadas

Superficiales	Subterráneas
11606 -Chico de Adra	30499 -Campo de Dalías-Sierra de Gádor 30481 -Delta de Adra

ZONA 13. BAJO ANDARAX

Masas de agua afectadas

Superficiales	Subterráneas
	30491 -Medio – Bajo Andarax

ZONA 14. CAMPO DE NÍJAR

Masas de agua afectadas

Superficiales	Subterráneas
	30505 -Campo de Níjar

ZONA 15. CUBETA DE BALLABONA Y RÍO ANTAS

Masas de agua afectadas

Superficiales	Subterráneas
11614 -Antas	30494 -Cubeta de Ballabona – Sierra Lisbona – Río Antas

ZONA 16. VALLE DEL ALMANZORA

Masas de agua afectadas

Superficiales	Subterráneas
	30496 -Alto – Medio Almanzora 30467 -Cubeta de Overa 30493 -Bajo Almanzora

ZONA 17. CUENCA DEL EMBALSE DE LA COLADA

Masas de agua afectadas

Superficiales	Subterráneas
20643 -Embalse de la Colada	

ZONA 18. GUADALQUIVIR CURSO ALTO

Masas de agua afectadas

Superficiales	Subterráneas
20582 – Embalse de Marmolejo	30528 -Aluvial del Guadalquivir (Córdoba-Jaén)

ZONA 19. ARAHAL – CORONIL – MORÓN – PUEBLA DE CAZALLA

Masas de agua afectadas

Superficiales	Subterráneas
	30565 -Arahal – Coronil – Morón – Puebla de Cazalla

ZONA 20. SIERRA GORDA – ZAFARRAYA

Masas de agua afectadas

Superficiales	Subterráneas
	30478 -Sierra Gorda

ZONA 21. GUADIARO – GENAL – HOZGARGANTA

Masas de agua afectadas

Superficiales	Subterráneas
	30489 -Guadiaro-Genal-Hozgarganta

ZONA 22. RAMBLA DE MOJÁCAR

Masas de agua afectadas

Superficiales	Subterráneas
13195 -Bajo Aguas	

CONSEJERÍA DE EMPLEO

ORDEN de 7 de febrero de 2008, sobre publicación de las Sanciones por infracciones muy graves en materia de Prevención de Riesgos Laborales.

El Real Decreto 597/2007, de 4 de mayo, sobre publicación de las sanciones por infracciones muy graves en materia de prevención de riesgos laborales tiene por objeto determinar la forma en que deben hacerse públicas las sanciones administrativas impuestas por dichas infracciones, en desarrollo del artículo 40.2 del texto refundido de la Ley sobre Infracciones y Sanciones en el Orden Social, aprobado por Real Decreto Legislativo 5/2000, de 4 de agosto. El citado Real Decreto contiene las normas reglamentarias necesarias para la aplicación práctica de la publicidad de las sanciones por infracciones muy graves en materia de prevención de riesgos laborales, si bien algunos aspectos organizativos pueden ser regulados por las Comunidades Autónomas en ejecución de la competencia de organización de sus instituciones de autogobierno que le atribuye la Constitución Española en su artículo 148.1.1.

Por todo ello, se hace preciso la publicación de una norma en el ámbito de nuestra Comunidad Autónoma que ejecute y desarrolle determinados aspectos del Real Decreto 597/2007, de 4 de mayo que fundamentalmente deben hacer referencia a la determinación del órgano competente para ordenar que se hagan públicas las sanciones, a los medios de publicación de las mismas y a la habilitación del Registro público en el que se inscribirán las sanciones impuestas por infracciones muy graves en materia de prevención de riesgos laborales, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 4.1 de dicho Real Decreto.

La presente Orden se dicta en ejercicio de las competencias exclusivas de esta Comunidad Autónoma sobre el procedimiento administrativo derivado de las especialidades de su organización propia y la estructura y regulación de los órganos administrativos públicos de Andalucía, atribuidas por el artículo 47.1.1.^a del Estatuto de Autonomía para Andalucía, así como de las competencias ejecutivas atribuidas por el artículo 63.1.4.^o de dicho Estatuto, conforme al cual «corresponden a la Comunidad Autónoma, en el marco de la legislación del Estado, las competencias ejecutivas en materia de empleo y relaciones laborales, que incluyen en todo caso la Prevención de Riesgos Laborales y la Seguridad en el Trabajo.»

De conformidad con el artículo 7 del Decreto del Presidente 11/2004, de 24 de abril, de reestructuración de Consejerías, el artículo 1.2 del Decreto 203/2004, de 11 de mayo, por el que se establece la estructura