

# **INFLUENCIA DE DISTINTAS FERTILIZACIONES EN LA LIXIVIACIÓN DE NITRATOS EN EL CULTIVO DE HORTALIZAS AL AIRE LIBRE**

A. PATO FOLGOSO  
F. E. VICENTE CONESA  
L. F. CONDÉS RODRÍGUEZ

Oficina Comarcal Agraria Cartagena-Mar Menor. Torre Pacheco (Murcia)

A. J. GARCÍA GARCÍA

Ingeniero Técnico Agrícola. CDTT-El Mirador (Murcia)

M.<sup>a</sup> J. CAMPOY ARNALDOS

Ingeniero Técnico Agrícola. Programa de colaboración FECOAM-CAA. Murcia

## **RESUMEN**

En la comarca del Campo de Cartagena existe una zona declarada como vulnerable a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias. Este trabajo se desarrolla a lo largo de tres años para comprobar la incidencia de cuatro modelos distintos de fertilización en la lixiviación de nitratos.

Los cultivos que se llevaron a cabo se dividieron en dos ciclos; utilizándose en el ciclo de otoño-invierno lechuga, col picuda y brócoli, mientras que en el ciclo de primavera-verano solamente se emplea pimiento.

La parcela experimental consta de 342 m<sup>2</sup> contando con cuatro tratamientos. Cada tratamiento se realizó sobre una subparcela entre 65 y 76 m<sup>2</sup>, estable en el tiempo que duró el ensayo, dividida en cuatro surcos de 1 m de anchura y 16 a 19 m de longitud.

Todos los aportes de fertilizantes se realizaron a través de riego por goteo, mediante una manguera interlinea de 12 mm de diámetro con goteros autocompensantes de 2 L · h<sup>-1</sup> y separados entre sí 0.33 m.

Los tratamientos que se realizaron fueron los siguientes:

- A.- Ecológico.
- B.- Bioprón® PMC3.
- C.- Producción Integrada
- D.- Producción Integrada incrementada.

Por cada subparcela se colocó un tensiómetro y dos baterías de sondas de succión, compuestas cada una por una sonda colocada a 30 cm y otra a 60 cm de profundidad.

Semanalmente se extrajo la solución del suelo y se analizó con un espectrofotómetro de absorción para determinar el contenido de nitratos, al mismo tiempo que se determinó la conductividad eléctrica de la misma.

Los resultados obtenidos muestran que para las diferentes campañas de cultivo de pimiento las concentraciones de nitratos en los lixiviados son bajas a lo largo de todo el cultivo, tanto para los distintos tratamientos, así como para las diferentes profundidades.

En los cultivos del ciclo otoño-invierno se pudo observar que todos los tratamientos parten con una cantidad de nitratos en la solución del suelo elevada, debido al aporte de materia orgánica al inicio del cultivo, para ir descendiendo paulatinamente a lo largo de todo el cultivo.

**Palabras clave:** *sonda de succión, zona vulnerable, nitratos, bacterias nitrificantes, bacterias solubilizadoras de fósforo.*

## INTRODUCCIÓN

Parte de la Comarca del Campo de Cartagena está declarada como zona vulnerable a la contaminación por nitratos, en concreto la correspondiente a los acuíferos Cuaternario y Plioceno en el área definida por la zona regable oriental del trasvase Tajo-Segura y el sector litoral del Mar Menor, además es una Comarca que mantiene una horticultura muy intensiva y en la que se utilizan distintas técnicas de cultivo, que van desde la Agricultura Ecológica al Control Integrado.

También es una zona puntera en el control del riego donde en la práctica totalidad de la misma se utiliza el riego localizado, lo cual, sabiendo que el ión nitrato es muy soluble en agua, nos hace pensar que racionalizando el agua de riego conjuntamente con la fertigación se puede tener un mejor control de los lixiviados, minimizando los mismos, de tal forma que ésta práctica no suponga una disminución de producción, ni cuantitativa ni cualitativamente.

El objetivo de este trabajo es comprobar la incidencia de cuatro modelos distintos de fertilización en la lixiviación de nitratos, manteniendo la calidad y cantidad de las producciones.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en el Centro de Demostración y Transferencia Tecnológica de El Mirador (San Javier, Murcia). La dimensión total del mismo fue de 342 m<sup>2</sup>. Se realizaron cuatro tratamientos, dividiendo la superficie total en cuatro subparcelas con una superficie entre 65 y 76 m<sup>2</sup> cada una, sobre las que se realizaron cuatro surcos de 1 m de anchura y 16 a 19 m de longitud. Cada tratamiento se realizó siempre sobre las mismas subparcelas durante los tres años que duró el ensayo.

A lo largo del ensayo se realizaron seis cultivos agrupando los mismos en dos ciclos, uno de primavera-verano en el que se cultivó pimiento y otro ciclo de otoño-invierno en el que se cultivaron en el primer año lechuga, en el segundo año col picuda y en el tercer año se cultivó brócoli.

Los tratamientos que se realizaron fueron los siguientes:

- **Tratamiento A.** Utilizando fertilizaciones de Agricultura Ecológica, empleando: Bionitro, Basura líquida Pedrín (m.o.), Rombiorgan (m.o.), Ecomol (m.o.) y Terrabal (aminoácidos) en las dosis comercialmente recomendadas.
- **Tratamiento B.** Bioprón® PMC3 a una dosis de 300 kg·ha<sup>-1</sup>. En cada cultivo se hicieron aportes de materia orgánica líquida en fertirriego, sin aportar fósforo ni potasio (salvo el incluido en la materia orgánica). Las características de este abono es que incluye dos bacterias, *Azospirillum brasilense* que fija nitrógeno y suministra hormonas reguladoras del crecimiento y *Pantoea dispersa* que solubiliza el fósforo inmovilizado y produce auxinas, citoquininas, quitinas y enzimas hidrolíticas.
- **Tratamiento C.** Siguiendo el programa de fertilización para Producción Integrada en la Región de Murcia. El abonado se realizó a base de Nitrato Potásico, Ácido Nítrico, Fosfato Monopotásico y Nitrato Cálcico. Para aquellos cultivos en los que no existe normativa de Producción Integrada, se realizó una fertirrigación en función de las extracciones del mismo.
- **Tratamiento D.** Una fertilización en base a los abonos empleados en el tratamiento anterior, incrementada con respecto al nitrógeno sobre la Producción Integrada en: Pimiento 1º año 31%, Lechuga 32%, Pimiento 2º año 39%, Col Picuda 28%, Pimiento 3º año 67% y Brócoli 42%

Los aportes de unidades fertilizantes realizados con la fertilización a lo largo de los diferentes cultivos queda recogido en la tabla 1.

Los datos de los cultivos referidos al cultivar utilizado, fecha de plantación y densidad de plantación quedan recogidos en la tabla 2.

Se realizaron análisis de suelo por cada tratamiento, uno al inicio y otro al final del cultivo, así como un análisis de contenido de nitratos en hoja al finalizar el cultivo de la lechuga.

En el mes de septiembre y antes del inicio de los ciclos de otoño-invierno se efectuó una aportación de estiércol curado de oveja en las cantidades expresadas en la tabla 3. Teniendo en cuenta este aporte, con una riqueza (% de N sobre la materia seca) del 2%, el porcentaje de materia seca del mismo (60%) así como la mineralización en el primer año (40%), obtenemos las unidades fertilizantes aportadas por el estiércol. Según los análisis de suelo se considera un aporte de N procedente de la materia orgánica de 40 kg·ha<sup>-1</sup>.

El nitrógeno aportado por el agua de riego es muy escaso variando según cultivo entre 1.5 y 3 kg·ha<sup>-1</sup>.

En cada tratamiento se colocaron dos baterías de sondas en las surcos centrales de cada subparcela, compuestas por dos sondas de succión a 30 y 60 cm de profundidad, de las que se extrajo solución de suelo semanalmente y se analizó la conductividad y la concentración de nitratos. Además se contó por tratamiento con un tensiómetro que junto con los datos de conductividad nos daba información para el manejo del riego.

Los análisis para la concentración de nitratos en la solución de suelo se realizaron en el laboratorio del CIFEA de Torre Pacheco, con un espectrofotómetro de absorción.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como podemos observar en la tabla 4 la cantidad de nitratos en hoja cumple lo estipulado en la legislación actual, fijado en 2000 mg NO<sub>3</sub>·kg<sup>-1</sup> (Reglamento n.º

1822/2005), sin embargo no difieren mucho según los distintos tratamientos utilizados, lo que nos hace pensar que debido a la gran iluminación que hay en la comarca, incluso en invierno, los distintos abonados influyen en pequeña proporción en el contenido final de nitratos en hojas.

En las figuras 1, 2, 3 y 4 se puede observar las diferentes concentraciones de nitratos en la solución de suelo a 30 y 60 cm en los cuatro tratamientos, para el cultivo de la lechuga.

Las figuras que van de la 5 a la 8 muestran los resultados obtenidos en el cultivo de col picuda para los diferentes tratamientos.

Los resultados obtenidos en el cultivo de Brócoli, para los diferentes tratamientos, se muestran en las figuras 9, 10, 11 y 12.

Para el cultivo de pimiento los resultados se recogen en las figuras numeradas del 13 al 24, mostrándose los resultados por cada uno de los diferentes años y tratamientos.

Las concentraciones de nitratos son más bajas a la profundidad de 30 cm que a las de 60 cm siendo ésta diferencia mayor cuando las concentraciones son más elevadas.

Las concentraciones más bajas, a una profundidad de 60 cm, han correspondido al tratamiento B, aunque se ve afectada la producción, si bien, hay que considerar que el tratamiento ha sido muy estricto en cuanto a que no se aporta nada de nitrógeno, fósforo ni potasio, salvo lo que está incluido en la materia orgánica.

Como el aporte de agua fue similar en los cuatro tratamientos, podemos decir que los tratamientos con una mayor concentración de nitratos a una profundidad de 60 cm. (más lixiviados) fueron el A y el D.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que para las diferentes campañas de cultivo de pimiento las concentraciones de nitratos en los lixiviados son bajas a lo largo de todo el cultivo, tanto para los distintos tratamientos, así como para las diferentes profundidades.

En los cultivos del ciclo otoño-invierno se pudo observar que todos los tratamientos parten con una cantidad de nitratos en la solución del suelo elevada, debido al aporte de materia orgánica al inicio del cultivo, para ir descendiendo paulatinamente a lo largo de todo el cultivo. Las concentraciones de nitratos en la solución del suelo desde el primer ciclo de otoño-invierno al último ciclo del mismo período descendieron mucho al inicio del cultivo.

Con las recomendaciones realizadas en el programa de fertilización para Producción Integrada en la Región de Murcia, se consiguen producciones similares a las conseguidas por una fertilización incrementada, con respecto al nitrógeno, sobre la Producción Integrada, pero con un aumento de las concentraciones de nitratos en la solución del suelo en este último caso. Esto se aprecia sobre todo en el último ciclo otoño-invierno dedicado a brócoli.

Que en el tratamiento B, se estima que al Bioprón® PMC3 hay que complementarlo con fertirrigación, sobre todo de P y K, para conseguir producciones óptimas, aunque si es un método claramente válido para disminuir los lixiviados de nitratos a las capas freáticas.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- PATO, A; CONDÉS, L.F.; NOGUERA, M.; VICENTE, F.E.; SORIA, A. (2006). Fertilización en la zona vulnerable del Campo de Cartagena. CAA Región de Murcia.
- RINCÓN, L. (2005). La Fertirrigación de la lechuga Iceberg. IMIDA. Región de Murcia.
- CADAHÍA, C. (1998). Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales. Mundi-Prensa.
- CÁNOVAS, J.; NAVARRO, J.; ALCARAZ, N.; GÓMEZ, M.C; VICENTE, F.E. (2003). Contaminación por nitratos en pimiento de invernadero en el campo de Cartagena. CAA Región de Murcia.
- Orden de 3 de diciembre de 2003, de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente, por la que se aprueba el Código de Buenas Prácticas Agrarias de la Región de Murcia.
- Orden de 12 de diciembre de 2003, de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente, por la que se establece el Programa de Actuación de la Zona Vulnerable correspondiente a los Acuíferos Cuaternario y Plioceno en el área definida por la Zona Regable Oriental del Trasvase Tajo- Segura y el Sector Litoral del Mar Menor.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este ensayo está cofinanciado por los programas de colaboración “Introducción de las Buenas Prácticas Agrarias en la Agricultura de la Región de Murcia” e “Introducción de Tecnologías en Agricultura” (Orden de 20-01-05) que FECOAM y la Cooperativa de 2º grado CDTA “El Mirador”, formada por Hortamira, S.Coop; Gregal, S.Coop y SAT San Cayetano, respectivamente, mantienen con la Consejería de Agricultura y Agua.

**Tabla 1.** Fertilización (UF)

Cultivo	Ecológico			Bioprón			Producción integrada			Producc. integrada incrementada		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Pimiento 1º año	4,40	0,47	7,98	0,87	0,11	1,36	58,44	45,53	95,52	76,46	58,89	123,01
Lechuga	3,53	0,46	6,37	0,61	0,08	0,84	35,72	26,59	71,04	47,28	34,98	94,54
Pimiento 2º año	6,02	1,07	10,21	2,50	2,08	4,56	56,95	47,79	91,12	79,28	59,92	124,91
Col Picuda	5,95	2,79	10,66	0,06	0,05	0,13	44,61	37,93	87,28	57,19	48,04	113,18
Pimiento 3º año	5,43	0,93	8,62	-	-	-	81,99	63,16	126,96	136,68	106,10	211,99
Brócoli	6,58	3,26	11,34	2,95	2,68	5,26	80,96	66,77	157,54	115,05	93,58	226,47

**Tabla 2.** Cultivos

Cultivo	Cultivar	Fecha de plantación	Densidad de plantación (pl-ha <sup>-1</sup> )
Pimiento 1º año	Jumilla (De Ruiter)	08/05/2005	50.000
Lechuga	Lorciva (Nunhems)	02/12/2005	60.000
Pimiento 2º año	Jumilla (De Ruiter)	10/05/2006	50.000
Col Picuda	Capehorn (Sakata)	15/12/2006	60.000
Pimiento 3º año	Jumilla (De Ruiter)	15/05/2007	50.000
Brócoli	Parthenón (Sakata)	11/10/2007	50.000

**Tabla 3.** Estiércol aportado

Aportes	Cantidad (kg·m <sup>-2</sup> )	N aportado (kg·ha <sup>-1</sup> )
Inicial (sept 04)	3.5	168
Lechuga (sept 05)	3	144
Col Picuda (sept 06)	3	144
Brócoli (sept 07)	2.5	120

**Tabla 4.** Contenido de nitratos en hoja

Tratamiento	Nitratos en hoja (mg·kg <sup>-1</sup> )
A	352
B	335
C	331
D	345

## LECHUGA

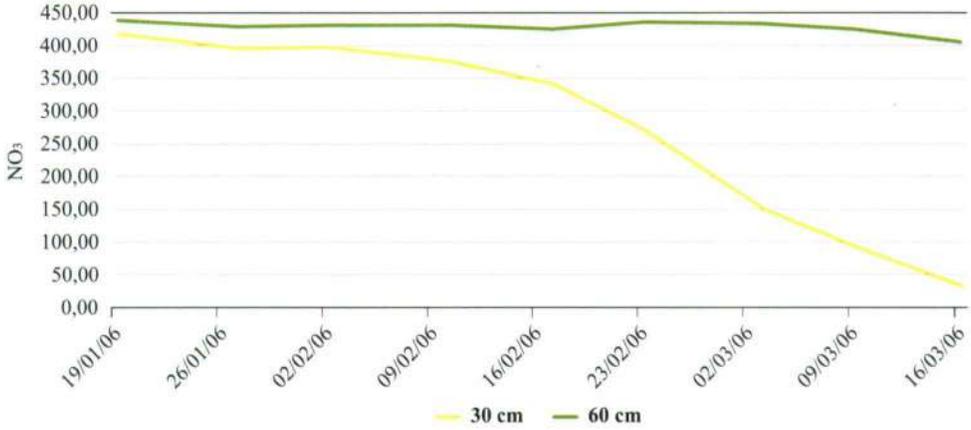


Figura 1. Concentración de nitratos en la solución del suelo tratamiento A

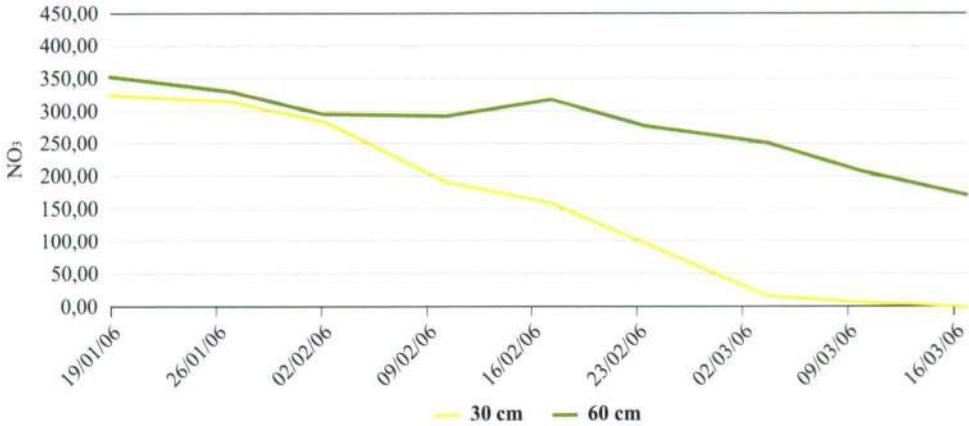


Figura 2. Concentración de nitratos en la solución del suelo tratamiento B

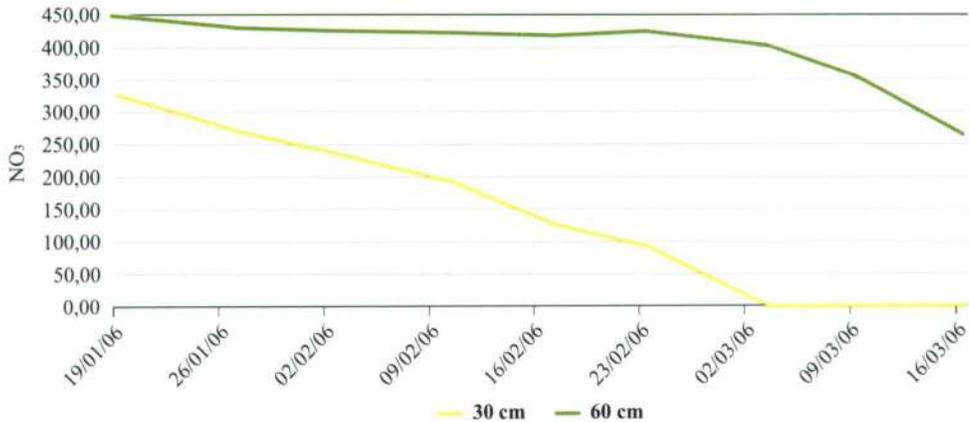
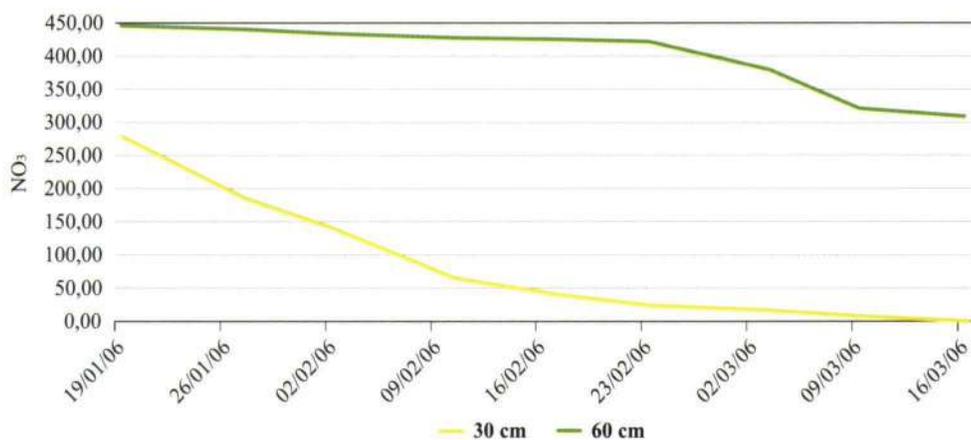
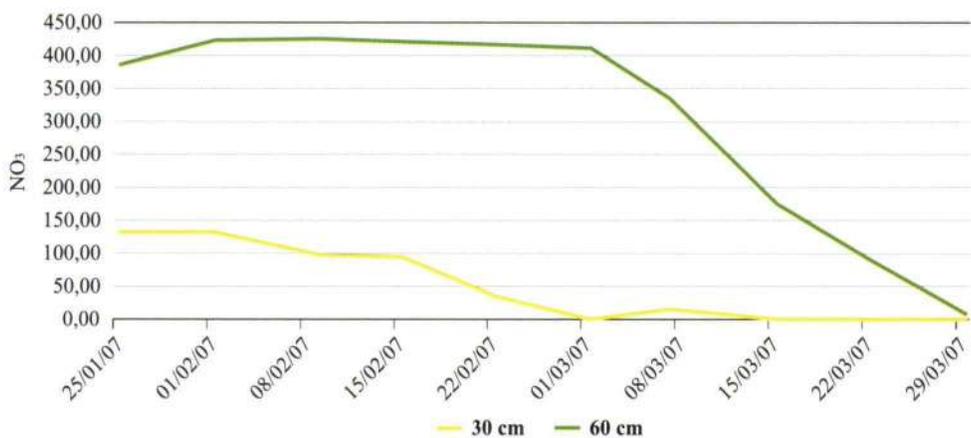


Figura 3. Concentración de nitratos en la solución del suelo tratamiento C

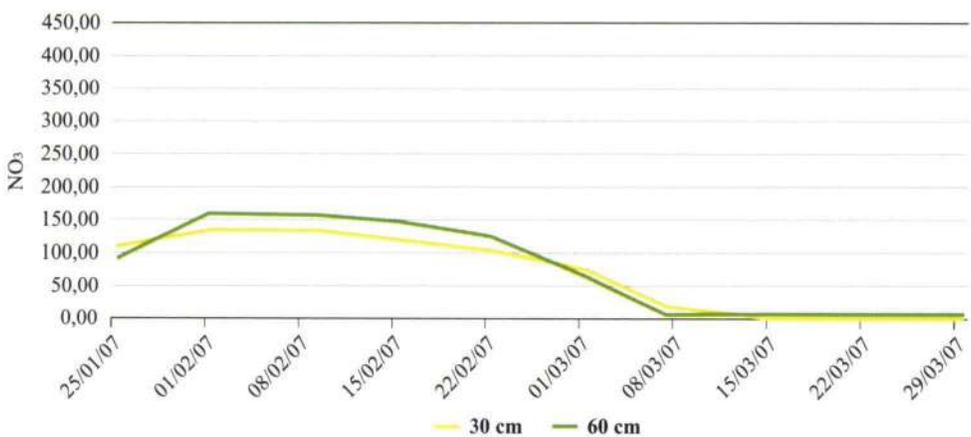


**Figura 4.** Concentración de nitratos en la solución del suelo tratamiento D

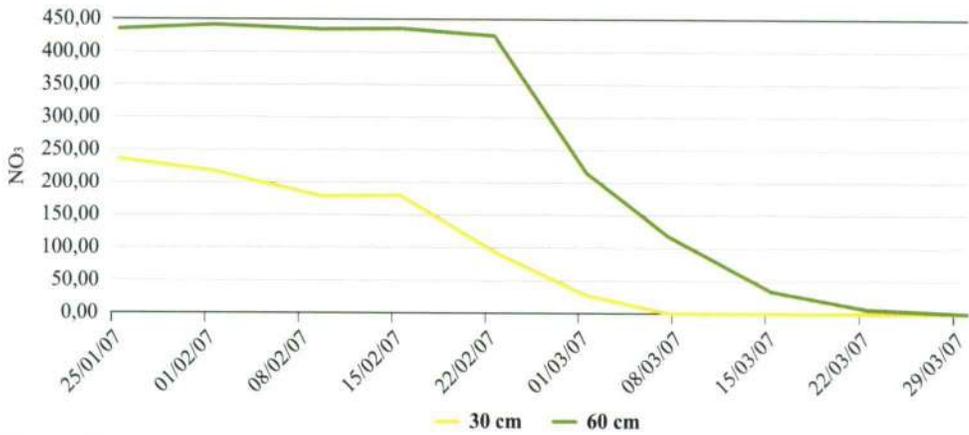
COL PICUDA



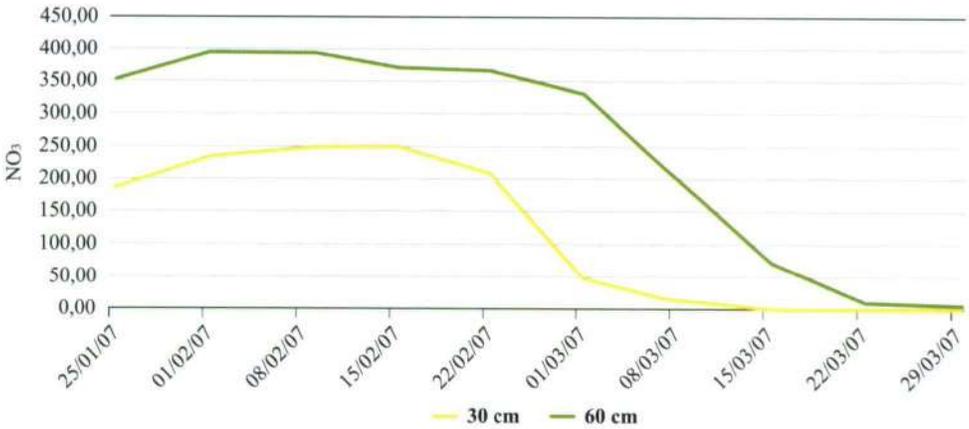
**Figura 5.** Concentración de nitratos en la solución del suelo tratamiento A



**Figura 6.** Concentración de nitratos en la solución del suelo tratamiento B

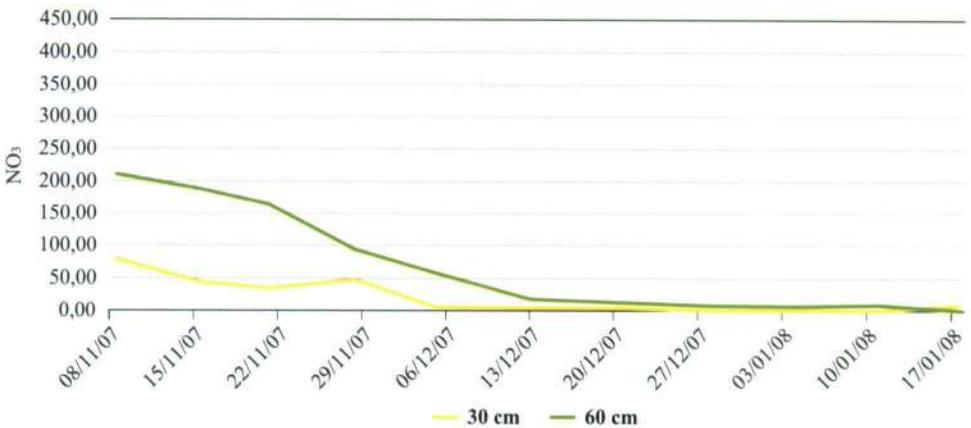


**Figura 7.** Concentración de nitratos en la solución del suelo tratamiento C

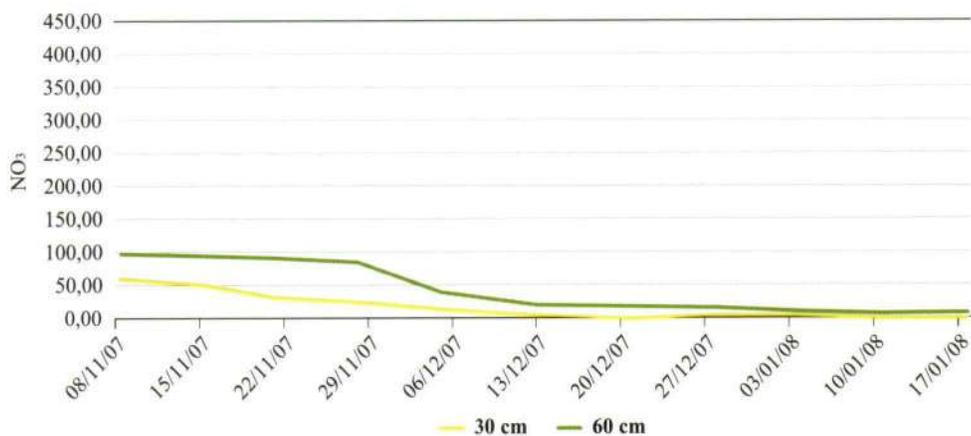


**Figura 8.** Concentración de nitratos en la solución del suelo tratamiento D

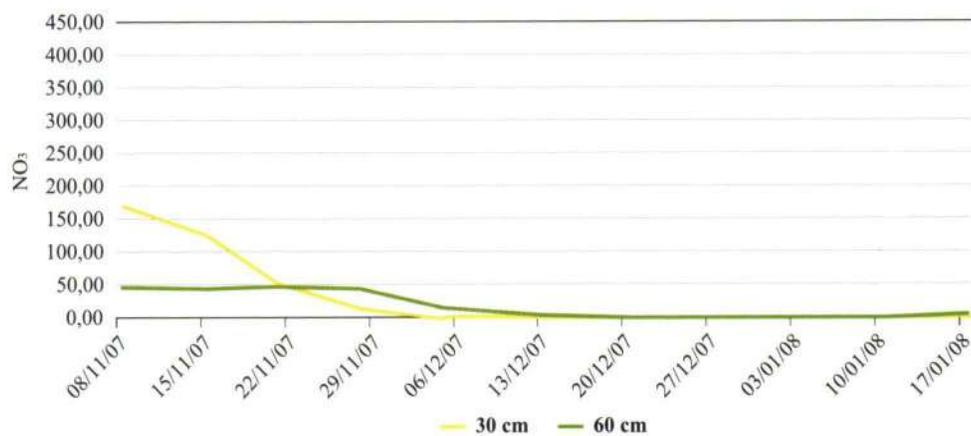
**BRÓCULI**



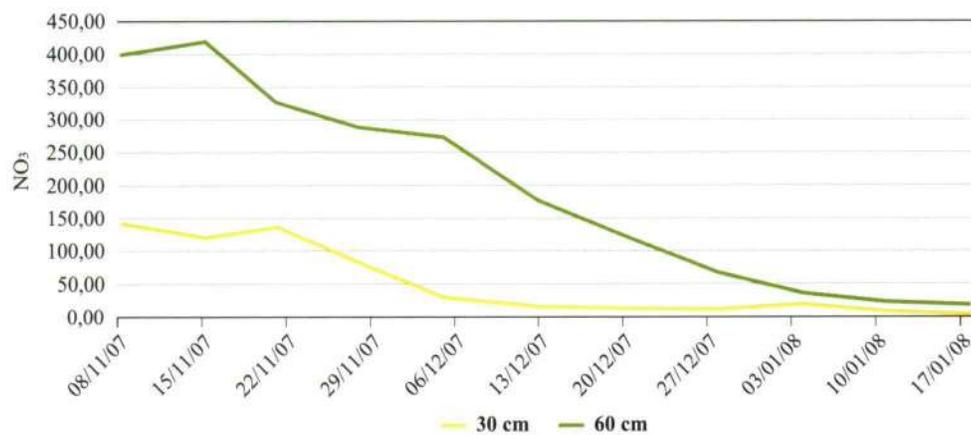
**Figura 9.** Concentración de nitratos en la solución del suelo tratamiento A



**Figura 10.** Concentración de nitratos en la solución del suelo tratamiento B



**Figura 11.** Concentración de nitratos en la solución del suelo tratamiento C



**Figura 12.** Concentración de nitratos en la solución del suelo tratamiento D

PIMIENTO 1º AÑO

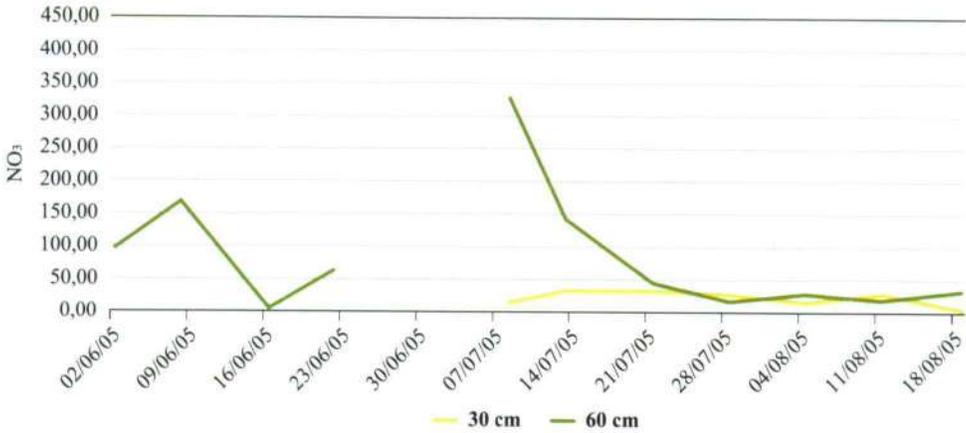


Figura 13. Concentración de nitratos en la solución del suelo tratamiento A

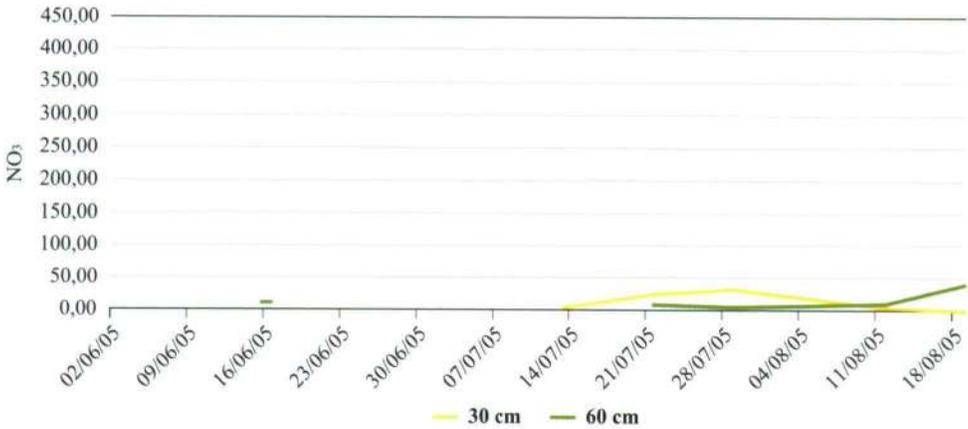


Figura 14. Concentración de nitratos en la solución del suelo tratamiento B

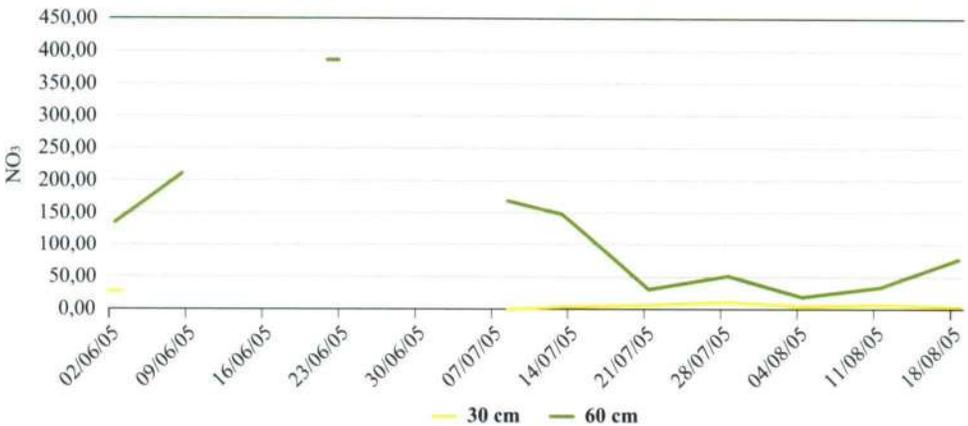
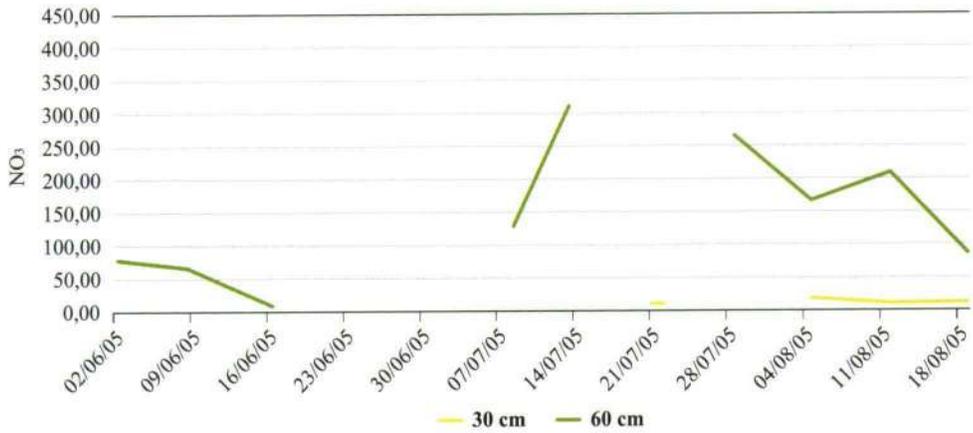
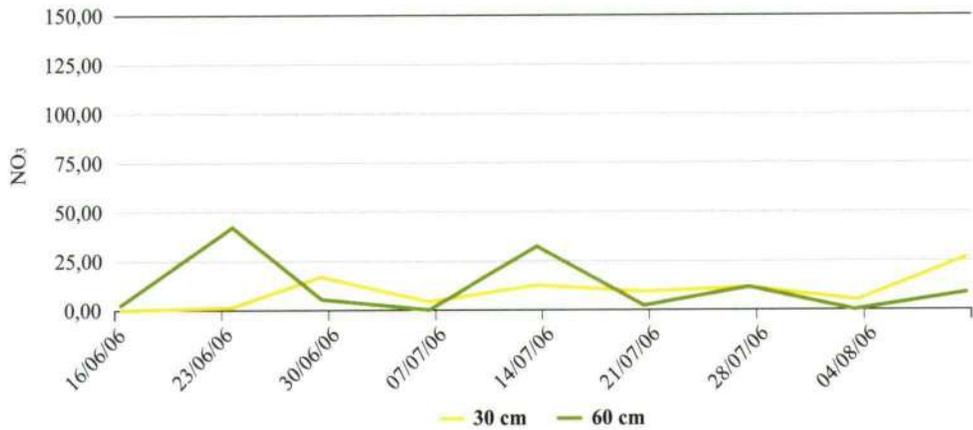


Figura 15. Concentración de nitratos en la solución del suelo tratamiento C

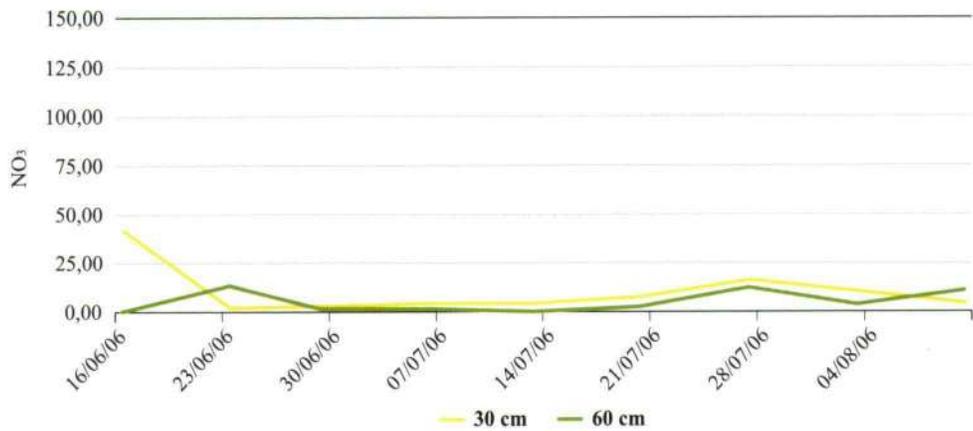


**Figura 16.** Concentración de nitratos en la solución del suelo tratamiento D

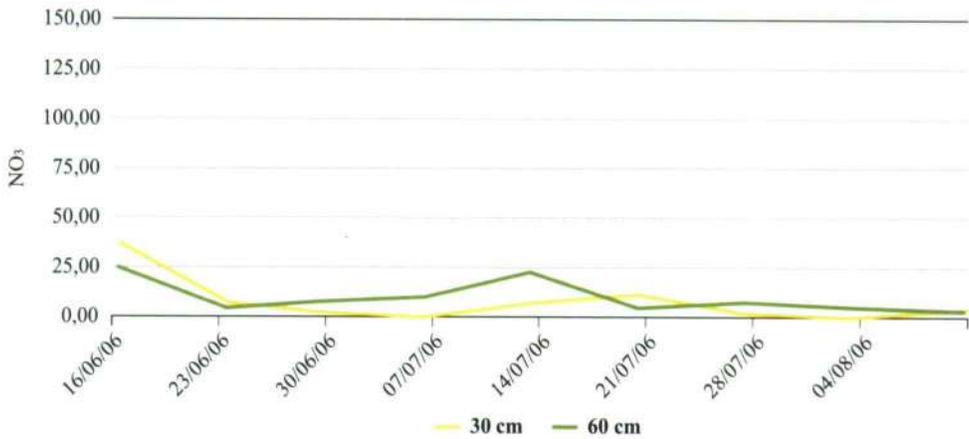
PIMIENTO 2º AÑO



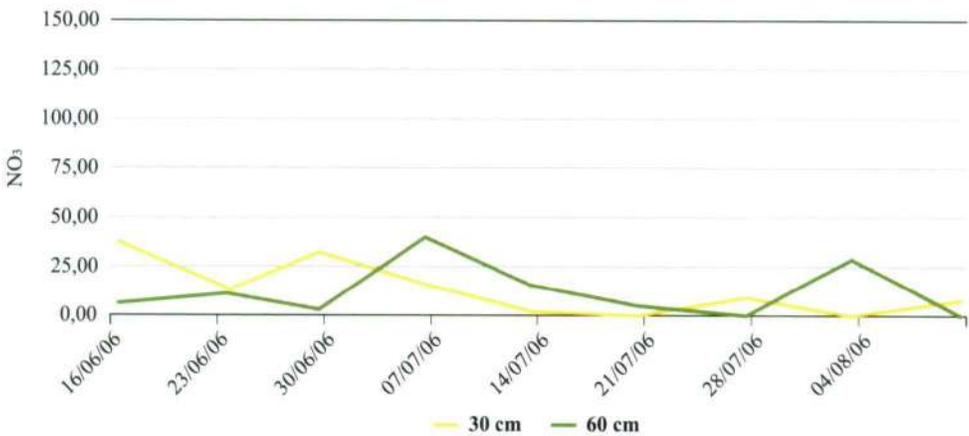
**Figura 17.** Concentración de nitratos en la solución del suelo tratamiento A



**Figura 18.** Concentración de nitratos en la solución del suelo tratamiento B

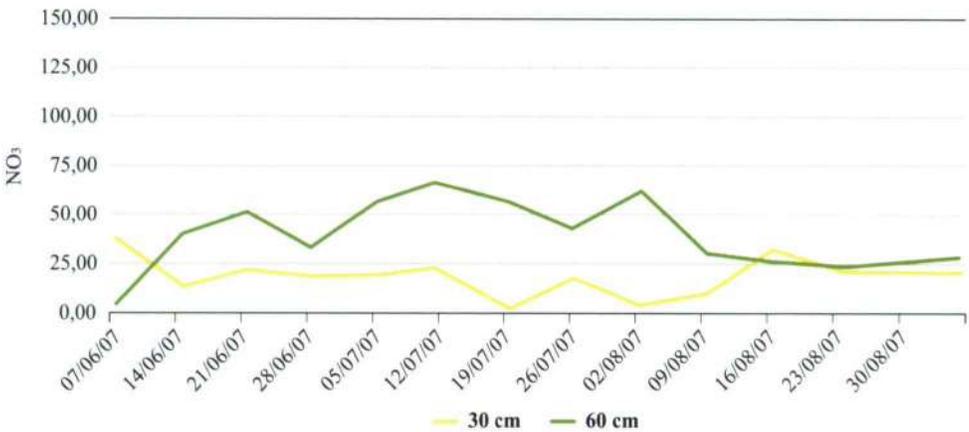


**Figura 19.** Concentración de nitratos en la solución del suelo tratamiento C

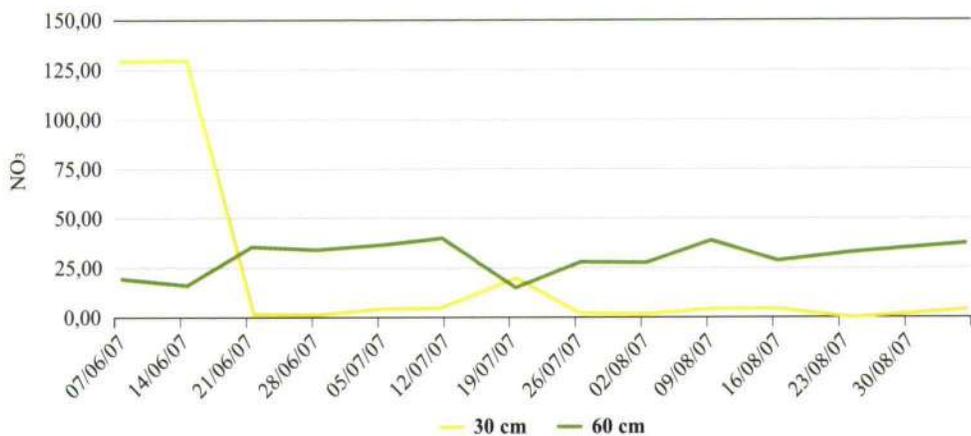


**Figura 20.** Concentración de nitratos en la solución del suelo tratamiento D

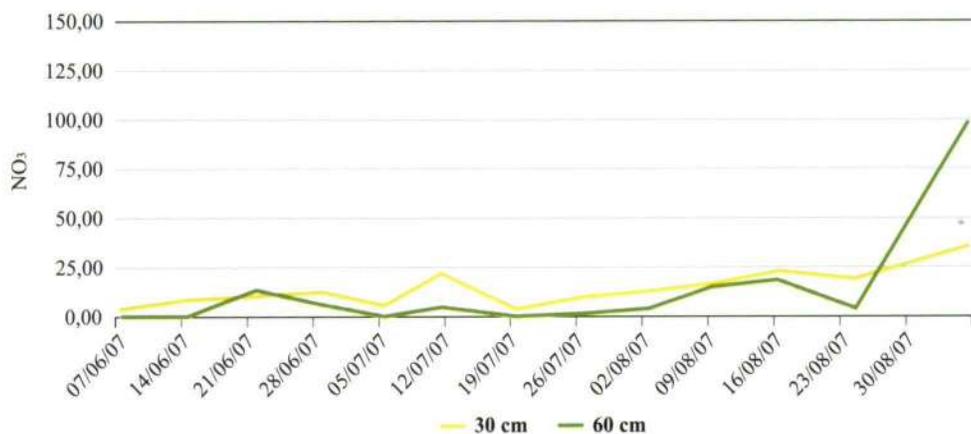
PIMIENTO 3° AÑO



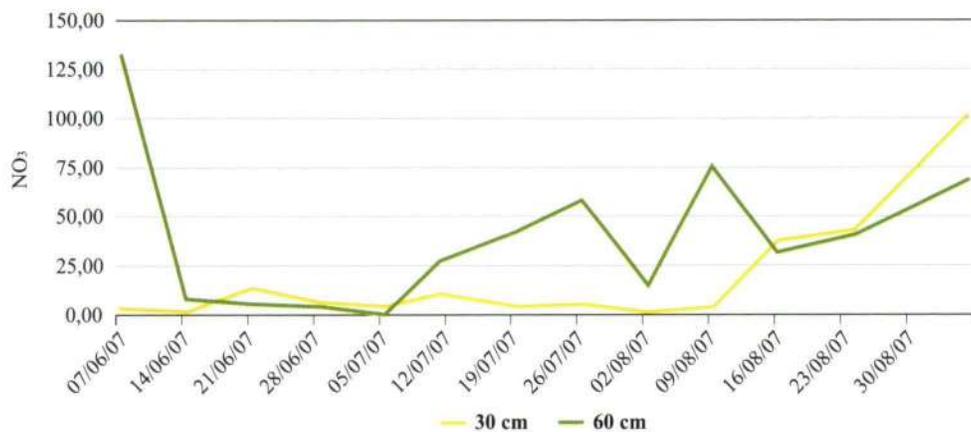
**Figura 21.** Concentración de nitratos en la solución del suelo tratamiento A



**Figura 22.** Concentración de nitratos en la solución del suelo tratamiento B



**Figura 23.** Concentración de nitratos en la solución del suelo tratamiento C



**Figura 24.** Concentración de nitratos en la solución del suelo tratamiento D