

**Las nuevas normativas de producción integrada exigen mayores niveles de control en la gestión integral de la fertilización de los cultivos y especialmente de los fertilizantes nitrogenados.**

## Evaluación de métodos para la determinación de N en el cultivo del pimiento

F.M. DEL AMOR <sup>(1\*)</sup>, M.F. ESPINOSA <sup>(1)</sup>, S. MOLINA <sup>(1)</sup>, P. VARÓ <sup>(2)</sup>, J.M. CÁMARA <sup>(3)</sup> Y A. LÓPEZ <sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup>Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario-(IMIDA)

<sup>(2)</sup>Centro Integrado de Formación y Capacitación Agraria de Torre-Pacheco, Murcia

<sup>(3)</sup>Universidad Miguel Hernández. (EPSO-Orihuela)

<sup>(4)</sup>Federación de Cooperativas Agrarias de Murcia (FECOAM)

\*Email: franciscom.delamor@carm.es

### El cultivo del pimiento

España es en la actualidad el principal productor europeo y el quinto en el ámbito mundial de las diferentes variedades cultivadas de pimiento (Faostat 2004). Murcia es una de las primeras regiones de su cultivo, donde se producen variedades de gran valor socio-económico como las que se utilizan para su consumo en fresco y se cultivan en invernaderos. El cultivo del pimiento bajo invernadero ha experimentado una gran expansión desde sus inicios a principios de los años 70, especialmente la Región de Murcia y el sur de la provincia de Alicante.

Actualmente, casi la mitad del cultivo de pimiento en el mundo se produce en el área del Mediterráneo. En el año 2005, la superficie total de cultivo de pimiento en la Región de Murcia fue de 1.850 hectáreas con una producción que ronda las 200.000 toneladas, siendo la segunda zona productora de España, asimismo a nivel nacional llegó a superar las 950.000 toneladas. Es de destacar que de la superficie de cultivo de pimiento regional de carne gruesa más del 85 % fue bajo invernadero. (MAPA, 2006). La fecha de plantación es noviembre-diciembre, y la producción desde marzo a septiembre, siendo la densidad de plantación de 2,5 pl.m<sup>2</sup> (marco de 1m x 0,4m), y el rendimiento



medio de 100.000 kg.ha<sup>-1</sup>. La estructura productiva en la zona de este cultivo en régimen de propiedad, es minifundista típica, en donde existen unos 647 productores siendo la superficie media por agricultor de unas 3 ha, sin embargo el 75% de los productores tiene una dimensión de explotación igual o inferior a esta superficie.

### El nitrógeno en la agricultura

El nitrógeno es el principal nutriente que limita de manera más frecuente el crecimiento y productividad de las plantas no leguminosas (Below, 1995). La concentración en hoja suele variar del 2% al 6% en peso seco y generalmente está correlacionada con la capacidad fotosintética y productividad del cultivo (Evans, 1989).



Sistema ión-selectivo.

Las plantas absorben el nitrógeno en forma de iones nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) siendo la cantidad de nitrógeno absorbido dependiente de numerosas variables como el estado fenológico de la planta, la concentración de otros nutrientes en el suelo, la disponibilidad de agua, o las diferentes condiciones ambientales. La mayoría de las plantas absorben el nitrato en mayores cantidades que el



Determinación del N-total (Técnica de combustión).



Determinación del N-NO<sub>3</sub> (Electroforesis capilar).

amonio, acumulándose en los tejidos cuando el nitrógeno disponible es mayor que el requerido para un óptimo crecimiento (consumo de lujo).

En horticultura, es especialmente espectacular la respuesta del cultivo ante el abonado nitrogenado, siendo muy pequeño el coste del fertilizante en comparación con el coste de la producción perdida. Esto podría provocar que los

**Figura 1. Diferentes técnicas estudiadas para la evaluación del contenido en N en hoja de pimiento en laboratorio (mediante la técnica de combustión y electroforesis capilar) y en campo (sistema óptico-SPAD y electroquímico – ión selectivo).**

**Los comienzos son fundamentales**

cyclamen  
pelargonium  
poinsettia  
impatiens  
petunia

Plantas jóvenes de primera calidad

plantas de parterre  
plantas de balcón

**vivergal**  
planteles

0 Vilar - Sta. Mariña do Monte  
15561 San Sadurniño - A Coruña

Tel.: 981 494 196-981 491 208  
Fax: 981 490 647

agricultores apliquen un exceso de fertilizantes para minimizar el riesgo de que la falta de abonado produzca descensos de productividad. Aunque con clara tendencia al descenso, el consumo medio de fertilizantes nitrogenados en la Región de Murcia en las tres últimas campañas ronda las 60.000 toneladas.

Entre nuevas legislaciones medioambientales se encuadra el Código de Buenas Prácticas Agrarias, que responde a las exigencias de la Unión Europea relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en agricultura. Esta normativa requiere del adecuado fraccionamiento del nitrógeno a lo largo del ciclo de cultivo.

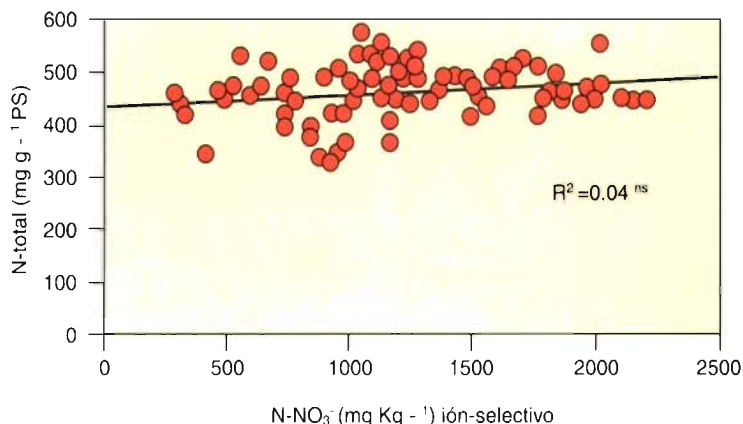
Las dosis de los nutrientes también deberán ser aportadas a partir de las necesidades de los cultivos y el ajuste de los programas de abonado a las extracciones de las plantas durante todo el ciclo de cultivo. Todo ello acorde con las características del suelo, las peculiaridades climáticas del año agrícola y el estado real de las siembras o plantaciones a fin de evitar desviaciones entre los aportes y los consumos de nutrientes.

### Sistemas de determinación del N en campo

Hoy en día, nuevas metodologías podrían ayudar a los agricultores a un óptimo control de la fertilización nitrogenada de sus cultivos, con el fin de cumplir con el Código de Buenas Prácticas

**Figura 2:**

**Relación entre el N-N<sub>3</sub> obtenido a partir del extracto de jugo de hojas de pimiento y el N-total obtenido del análisis de materia seca (combustión) a los -1, 1, 3 y 7 días después de la aplicación de distintas concentraciones de urea foliar y disoluciones nutritivas.**



Agrarias, especialmente en las "Zonas Vulnerables a la Contaminación por Nitratos". Dichas metodologías, si bien no sustituyen a los tradicionales métodos de laboratorio a partir del peso seco de

las muestras, pueden constituir una técnica viable para determinar "in situ" el estado nutricional del cultivo. Entre estos sistemas, se encuentran los relacionados con los electrodos ión-selectivos y los ópticos.

La concentración de un nutriente (N) en los tejidos vegetales es un valor integral que representa el efecto de los diferentes factores involucrados en el crecimiento así como de la disponibilidad de los mismos (Munson y Nelson, 1990). El análisis mineral para evaluar el estado nutricional de un cultivo nos ofrece, por tanto, información para el ajuste de los diferentes

■ **El nitrógeno es el principal nutriente que limita de manera más frecuente el crecimiento y productividad de las plantas no leguminosas. La concentración en hoja está correlacionada con la capacidad fotosintética y productividad del cultivo**

# agrotek

Balsas y depósitos fabricados por Agrotek para rendir durante muchos años

Capacidad desde 8 m<sup>3</sup> hasta 2.000 m<sup>3</sup> en depósitos por segmentos desmontables



Adecuados en aplicaciones específicas para productos de difícil contenimiento, mediante el uso de materiales probados en laboratorio y avalados por la práctica de 20 años de trabajo e I+D.

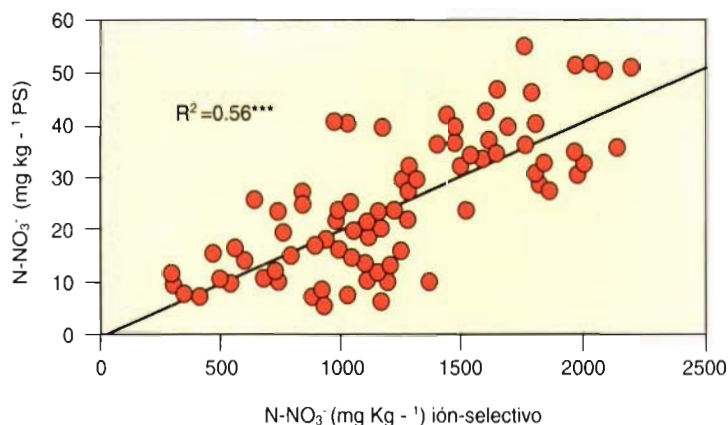
PLÀSTICS TÈCNICS I AGROTECNOLOGIA, S.L.

Camí del Mig s/n. (Pol. Ind. Pla d'en Boet)  
Apdo. Correos 120 - 08300 MATARÓ (Barcelona)  
Tel. 93 757 30 25 - Fax 93 757 21 83

e-mail: [plastics@arrakis.es](mailto:plastics@arrakis.es) web: [www.plasticstecnics.com](http://www.plasticstecnics.com)

**Figura 3:**

**Correlación entre el  $N-NO_3^-$  medido a partir del extracto de jugo de hojas de pimiento y el  $NO_3^-$  - obtenido del análisis de materia seca en disolución en electroforesis capilar, a los -1, 1, 3 y 7 días después de la aplicación de distintas concentraciones de urea foliar y disoluciones nutritivas.**



programas de fertilización (Plank, 1992).

Los extractos procedentes del jugo celular están siendo utilizados recientemente para la recomendación de las dosis de abonado nitrogenado en numerosos cultivos como cereales (King, 1992; Handson y Sheridan, 1993) y cultivos hortícolas (Willians y Mainer, 1991; Lyons y Barnes, 1987; Lyons et al., 1991; Rodrigo et al., 2005). El jugo celular extraído del peciolo de la hoja ha resultado ser mejor indicador del balance nitrogenado en la planta frente a las fluctuaciones en el suministro de este nutriente, que el obtenido

del limbo (Tremblay et al., 2001). Uno de los dispositivos de medición portátil de N es el sistema Cardy®, desarrollado para medir directamente del extracto del peciolo de la hoja mediante un electrodo selectivo.

Por otra parte, el contenido en N de la hoja también se ha correlacionado frecuentemente con su contenido en clorofilas (Syvertsen, 1987). Estos sistemas ópticos basados en la transmitancia o reflectancia de hojas pueden ser útiles en la determinación del contenido N (Peterson et al., 1993). Estos medidores están basados en la interacción de la clo-

rofila de los tilacoides con la luz incidente (Jifon et al., 2005; Cate y Perkins, 2003). Los medidores de clorofila tienen su mayor sensibilidad en el rango de adecuado a deficiente, por lo que su uso no estaría indicado para determinar situaciones de exceso en fertilización nitrogenada en el cultivo (Francis y Piekielek, 2006).

Los objetivos de este estudio fueron determinar la eficacia de estos sensores en la determinación del contenido en N de la hoja, con el fin de evaluar su uso como parte integrante de la gestión razonada de los abonados nitrogenados en el cultivo del pimiento.

### Material y métodos

Los diferentes instrumentos empleados en el estudio fueron los siguientes (Figura 1):

- Medidor portátil Horiba/Cardy meters (Spectrum Technologies, Inc. Plainfield, IL, USA) en la que se determinó  $N-NO_3^-$  en el extracto procedente de los peciolo.
- Medidor SPAD-502 (Minolta Corporation, Ramsey, NJ, USA) para la determinación del contenido en clorofilas.
- Análisis del N-total (peso seco de la muestra) mediante la técnica de combustión (LECO FP-528 (Leco Corporation, St Joseph, MI, USA).
- Análisis de  $N-NO_3^-$  (peso seco de la muestra) mediante electroforesis capilar (Waters, Capillary Ion Analyzer).

**DURA MÁS. GANAS MÁS.**

**NATUPOL®**  
El polinizador de los que no se le juegan.

### LAS 5 VENTAJAS REVOLUCIONARIAS DE NATUPOL:

- Seguridad en los momentos decisivos.
- Larga vida de la colonia.
- Mayor productividad.
- Desarrollo garantizado.
- Colmenas seleccionadas según las altas normas de calidad de NATUPOL.

Koppert Biological Systems  
Avd. Castilla, 154  
04738 La Gangosa - Vícar (Almería)  
Telf. 902 489 900  
Koppert Canarias  
C/ Las Adelfas s/n. Pol. Ind. De Arinaga  
35118 - Agüimes (Gran Canaria)  
Telf. 902 489 900

**KOPPERT**  
LÍDER MUNDIAL EN SISTEMAS BIOLÓGICOS  
www.koppert.com

Para determinar la eficacia de los sensores portátiles, se realizaron tres tipos de experimentos:

**Experimento 1 (Electrodo ión-selectivo): Respuesta frente a la aplicación de urea foliar.**

Evaluamos la respuesta de la hoja de pimiento frente a la aplicación de diferentes concentraciones de urea foliar. El efecto se analizó mediante el electrodo ión selectivo (N), en el extracto obtenido de los peciolo de hojas jóvenes totalmente desarrolladas. El resto de la hoja se secó en estufa durante al menos tres días a 65°C y se determinó el N-total y  $\text{N-NO}_3^-$  mediante las técnicas de combustión y electroforesis capilar respectivamente. Las plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) tipo Lamuyo variedad Hermínio (S&G), procedentes de semilleros comerciales, se trasplantaron el 24 de noviembre de 2005 en sacos de fibra de coco.

Se emplearon dos disoluciones nutritivas (estándar y deficiente) que contenían 12,5 y 3,5 mM de  $\text{NO}_3^-$  respectivamente. En aquellas plantas regadas con la disolución con baja concentración de  $\text{NO}_3^-$  aplicamos cada 14 días urea foliar a distintas concentraciones (5, 10, 15 y 20 g l<sup>-1</sup>). La aplicación se realizó a primera hora de la mañana y con la cubierta de sombreo del invernadero extendida. La mediciones se realizaron un día antes de la aplicación foliar y a los 1, 3 y 7 días posteriores a la aplicación.

**Experimento 2. Respuesta frente a condiciones de deficiencia.**

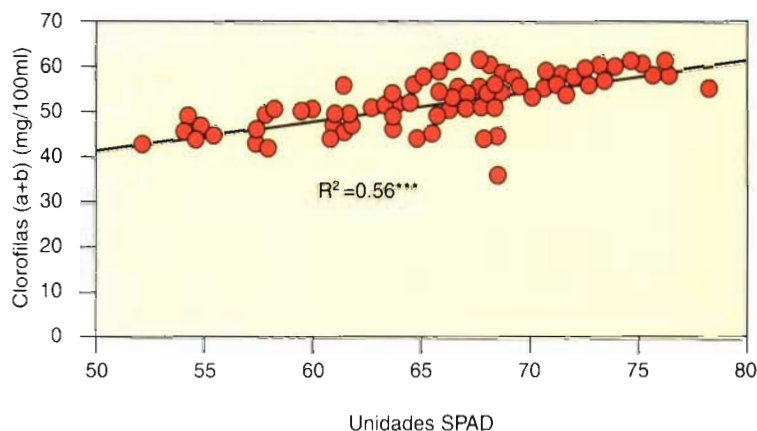
A las plantas de pimiento del experimento anterior, se les suprimió totalmente el aporte de N durante ocho días. En este experimento evaluamos el sensor SPAD-502 frente a la disminución del aporte de N.

**Experimento 3. Evaluación en invernaderos comerciales.**

Se evaluaron doce invernaderos comerciales de pimiento del Campo de Cartagena (Murcia) con diferentes sistemas de cultivo; en suelo (ecológico e integrado) y cultivo sin suelo. Se recogieron cuatro muestras de cada

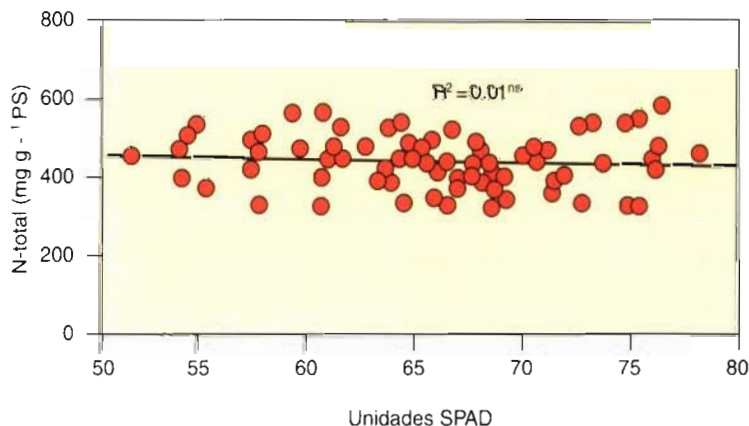
**Figura 4:**

**Correlación entre las unidades SPAD y el contenido en clorofilas (a+b). \*\*\* Significativo para  $p < 0.001$ .**



**Figura 5:**

**Correlación entre las unidades SPAD y N-total obtenido de la técnica de combustión Leco, a partir de la materia seca de las hojas de pimiento. NS no significativo para  $p < 0.05$ .**



uno de ellos, procedentes de diferentes plantas de manera aleatoria. Cada muestra consistió en unas veinte o treinta hojas. En estos invernaderos se correlacionaron los valores de N obtenidos mediante el electrodo ión-selectivo en el peciolo de la hoja, con aquellos valores determinados en el laboratorio.

### Resultados y discusión

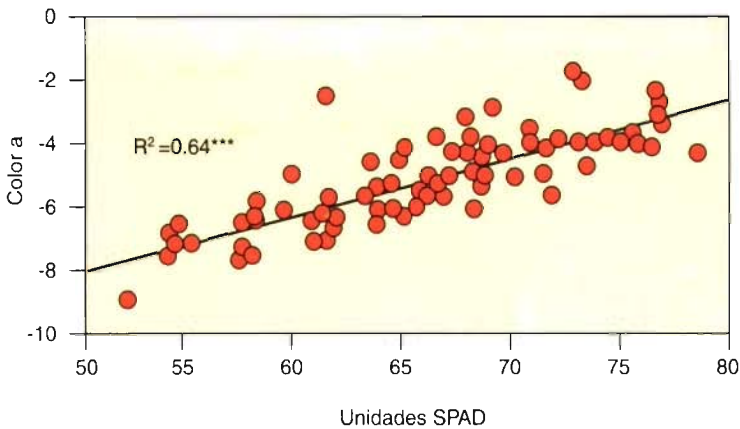
De los resultados del primer experimento se observan diferencias en las correlaciones realizadas con el sensor ión-selectivo, según determinemos el N-total o el  $\text{N-NO}_3^-$  en hoja. Cuando consi-

deramos el N-total, la correlación entre este parámetro y las realizadas con el Cardy® no fueron significativas (Figura 2), con un coeficiente de correlación muy bajo. Sin embargo, cuando fue comparado con aquellos valores obtenidos mediante electroforesis capilar ( $\text{N-NO}_3^-$ ) la correlación sí fue significativa (Figura 3).

Hartz et al. (1994) compararon los nitratos en la savia de peciolo usando un electrodo portátil con el análisis tisular sobre materia seca de diferentes especies y obtuvieron un coeficiente de correlación ( $r^2$ ) entre 0,65 y 0,89. El N-total incluye el nitrógeno que

**Figura 6:**

**Correlación entre las unidades SPAD y el color a. \*\*\*  
Significativo para  $p < 0.001$ .**



forma parte de las estructuras de la planta, mientras que el  $N-NO_3^-$  es fácilmente almacenado en las vacuolas y transportado a diferentes partes de la planta. Wittwer y Teubner (1957), trabajando en judía, ya encontraron que esta plan-

ta absorbió el 50% de la urea aplicada por las hojas, en un tiempo de una a seis horas. Esta rápida capacidad de absorción pudo afectar a la relación N-total y  $N-NO_3^-$  en las plantas de pimiento afectando a la correlación entre

estos dos parámetros. Sin embargo, sí se encontró una adecuada correlación entre el  $N-NO_3^-$  procedente del extracto del peciolo y aquellos determinados en el laboratorio a partir de materia seca.

En el segundo experimento, los valores obtenidos fueron de aquellas plantas a las que posteriormente no se les aportó fertilización nitrogenada. La relación entre los valores SPAD y el contenido de nitrógeno de la planta depende, en gran medida, del estado fenológico del cultivo, de las condiciones de crecimiento del cultivo y de las condiciones climáticas (Takebe y Yoneyama, 1989, Wood et al., 1992).

La relación entre los valores SPAD y el contenido de nitrógeno también depende del factor varietal (Takebe y Yoneyama, 1989, Schepers et al., 1992). Los valores SPAD mostraron una elevada correlación con el contenido en clorofilas (a+b) obtenido en el la-

## Cultivos Seguros

- **Mejore los resultados de su cosecha con las mallas de protección **MAGROTEX****
- **La solución más segura para sus cultivos**
- **Reconocidas internacionalmente**
  - Mallas de sombreado 40% al 90%
  - Mallas Cortavientos
  - Mallas Mosquiteras
  - Mallas Anti-hierba
  - Mallas Anti-granizo
  - Mallas Anti-plaga
  - Mallas Helix
  - Mallas Voladeros 25\*25/16\*16
  - Mallas de Ocultación

**MAGROTEX**  
MALLAS AGROTÉXTILES, S. L.

C/ Sant Miquel de Taudell, s/n - nave 7 y 8  
Can Mir 08232 Viladecavalls (Barcelona)  
Tel.: 93 789 14 45 - Fax: 93 733 36 43  
Web: [www.magrotexsl.com](http://www.magrotexsl.com)  
E-mail: [info@magrotexsl.com](mailto:info@magrotexsl.com)

Cultivos Seguros

**Solicite nuestro muestrario**



laboratorio (Figura 4). Las correlaciones entre clorofilas determinadas en campo o en laboratorio suelen mostrar relaciones más lineales y significativas para bajas concentraciones de clorofila que para altas.

Por otro lado también se ha observado en otros experimentos que las correlaciones entre las medidas de SPAD y de nitrógeno fueron menores que con aquellas obtenidas para las clorofilas (Jifon et al., 2005). Este hecho concuerda con nuestros datos (Figura 4 y 5). Por otro lado, se correlacionaron las medidas de clorofilas (SPAD) con el color de la hoja mediante un colorímetro portátil (Minolta CR-300) obteniendo una correlación muy significativa (Figura 6). La baja correlación entre el contenido en clorofilas y el contenido en N puede deberse a que en realidad no hubo una disminución apreciable del contenido de N en la planta durante ese periodo, y por tanto en condiciones de deficiencia.

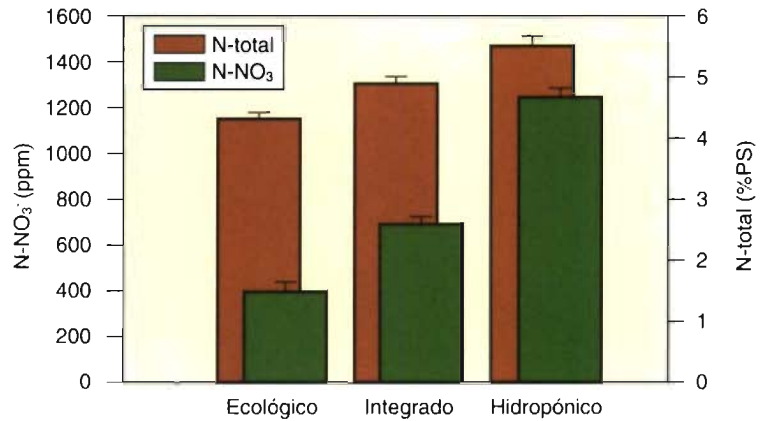
Por otra parte, Schepers et al. (1992) también afirmaron que no todo el nitrógeno de la planta está asociado a la molécula de clorofila.

Por último evaluamos el electro ión-selectivo en condiciones de invernaderos comerciales en diferentes sistemas de cultivo (Figura 7). En ellos podemos ob-

**Detalle del proceso de calibración y extracción de muestra para el electrodo ión-selectivo.**

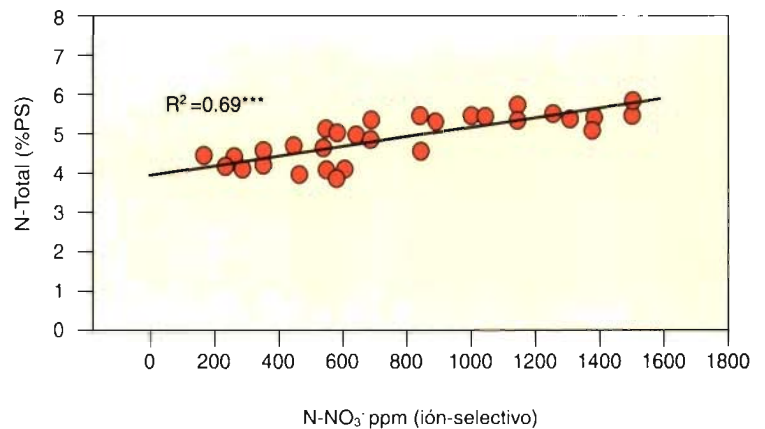
**Figura 7:**

**Contenido en Nitratos en el extracto foliar (peciolo) mediante el método ión-selectivo en diferentes invernaderos del campo de Cartagena.**



**Figura 8:**

**Comparación entre N-total (%PS) y N-NO<sub>3</sub> (ppm) en peciolo de hojas de pimiento en diferentes sistemas de producción (ecológico, integrado e hidropónico). \*\*\* Significativo para p<0.001.**



servar en primer lugar, la elevada concentración de N en los invernaderos bajo cultivo hidropónico, frente a los cultivados en suelo, y la apreciable disminución en N cuando consideramos el cultivo ecológico frente al integrado.

Por otra parte, en estas condiciones observamos una correlación significativa entre el N-total determinado en el laboratorio y el N-NO<sub>3</sub> obtenida mediante el sensor portátil a partir de extractos del peciolo de las hojas (Figura 8). Esto nos permite determinar la validez de dicho medidor para condiciones de invernaderos co-

merciales en los diferentes sistemas de cultivo.

#### Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por los proyectos INIA RTA2005-00087-C02 y R&C-2003-004806. Agradecemos a José Sáez Sironi su valiosa ayuda en las determinaciones de N en el laboratorio y al C.I.F.E.A. de Torre-Pacheco (Murcia) por la cesión de los terrenos y sistemas de riego.

#### Bibliografía

[www.horticom.com?64826](http://www.horticom.com?64826)