

**Universidad Pública de Navarra**

*Nafarroako Unibertsitate Publikoa*

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

*NEKAZARITZAKO INGENIARIEN  
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA*

**EL N<sub>min</sub> COMO HERRAMIENTA PARA UNA FERTILIZACIÓN  
NITROGENADA EFICIENTE EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*) EN LA  
ZONA DE LA RIBERA DE NAVARRA.**

Presentado por

**FRANCISCO IGUAL CRESPO**

**INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA EN EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS  
*NEKAZARITZAKO INGENIARI TEKNIKOA NEKAZARITZA ETA ABELTZAINZA  
USTIAPENAK BEREZITASUNA***

SEPTIEMBRE, 2010

# **EL N<sub>min</sub> COMO HERRAMIENTA PARA UNA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EFICIENTE EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*) EN LA ZONA DE LA RIBERA DE NAVARRA. Dinámica del N<sub>min</sub> en suelo.**

**Realizado por:** Francisco Igual Crespo

**Tutor:** Ignacio Irigoyen

**Director de proyecto:** Iosu Irañeta(ITG Agrícola)

**Departamento:** Producción Agraria.

## **RESUMEN:**

Este proyecto se encuadra en el marco de la protección de suelos y acuíferos donde la concentración por Nitrato aumenta alarmantemente hasta el punto de clasificarse como Zona Vulnerable.

Se pretende ajustar la dosis de Nitrógeno óptima para el cultivo del maíz a partir del N<sub>min</sub> contenido en el suelo antes del cultivo.

Para ello se analizó la evolución del contenido de N<sub>min</sub> en suelo a lo largo del cultivo para así conocer la fluctuación del N y poder aportarlo en el momento de mayor necesidad del cultivo.

Además de estudiar la evolución del N<sub>min</sub> a lo largo de la vida del cultivo, se tomaron muestras del material vegetal al final del cultivo para evaluar el rendimiento y la extracción de nitrógeno por parte del mismo.

Para lograr estos objetivos se hizo un ensayo en la localidad de Cadreita, en la finca de experimentación del ITG agrícola con cultivo de maíz y con riego por inundación o, también llamado, por gravedad.

Las conclusiones a las que se llegaron con la realización de este ensayo fueron las siguientes:

- 1º La aplicación del método del Nmin en presembrado es una herramienta fiable para ajustar la dosis de abonado nitrogenado. En función del Nmin existente en el suelo podemos reducir considerablemente el aporte de Nitrógeno, reduciremos los costes del abonado y contribuiremos a la conservación del Medio Ambiente reduciendo la contaminación por Nitrato en el suelo y en acuíferos.
- 2º Las variaciones de nitrógeno mineral en el suelo se deben fundamentalmente a las variaciones del  $\text{N-NO}_3^-$ .
- 3º La evolución del contenido de nitrógeno amoniacal en suelo no mantiene ninguna relación lógica con ninguno de los factores estudiados.
- 4º El contenido de nitrógeno nítrico en el suelo se va reduciendo a lo largo del cultivo excepto en la capa más profunda donde se mantiene relativamente constante.
- 5º Las mayores producciones de maíz se han conseguido con dosis de abonado inferiores a las recomendadas.
- 6º La eficiencia en el uso del N ha sido menos del 10%. Esto es debido al elevado contenido inicial en N del que partíamos en la parcela.

*Quisiera agradecer a todas las personas que han hecho posible la elaboración de este trabajo, el apoyo mostrado en todo momento y su disponibilidad. En concreto a Ignacio Irigoyen que ha tutorado este proyecto.*

*También agradecer al ITG agrícola y, en especial, a **Iosu Irañeta** su inestimable ayuda y colaboración ya que sin él no podría haber llevado a cabo este proyecto.*

*Para finalizar agradecer a mi familia y, sobre todo, a Cristina por el apoyo y la ayuda que en todo momento me han prestado. Muchas gracias.*

# INDICE

	<b>Pag.</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
<b>2. ANTECEDENTES</b>	<b>8</b>
<b>2.1 EL CULTIVO DEL MAÍZ (<i>Zea mays</i>)</b>	<b>8</b>
<b>2.2 FERTILIZACIÓN</b>	<b>10</b>
2.2.1 Necesidades del maíz	13
2.2.2 Leyes de la fertilización	13
2.2.3 Incidencia de la fertilización nitrogenada	13
<b>2.3 NITRÓGENO Y AGRICULTURA</b>	<b>15</b>
2.3.1 Ciclo del Nitrógeno	15
2.3.2 Pérdidas por lixiviación	25
2.3.3 Pérdidas gaseosas: nitrificación y desnitrificación	26
2.3.4 Zonas vulnerables a Nitrato	27
2.3.5 Fertilización nitrogenada racional y eficiencia energética	34
<b>2.4 HERRAMIENTAS DE RACIONALIZACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA</b>	<b>38</b>
2.4.1 Análisis del Nmin existente en suelo. Análisis del Nmin	39
2.4.2 Análisis foliar	39
2.4.3 Análisis del jugo de la base del tallo	39
2.4.4 Índice de nutrición nitrogenada	40
2.4.5 Medidores de clorofila	40
<b>3. OBJETIVOS</b>	<b>41</b>
<b>4. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	<b>42</b>
<b>4.1 LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO</b>	<b>42</b>
<b>4.2 DISEÑO EXPERIMENTAL</b>	<b>43</b>
<b>4.3 MATERIAL VEGETAL</b>	<b>44</b>
<b>4.4 CLIMATOLOGÍA DE LA CAMPAÑA</b>	<b>45</b>
<b>4.5 CARACTERÍSTICAS EDAFOLÓGICAS DE LA PARCELA</b>	<b>46</b>

3

	<b>Pag.</b>
<b>4.6 OPERACIONES DE CULTIVO</b>	<b>48</b>
<b>4.7 TOMA DE MUESTRAS</b>	<b>48</b>
<b>4.7.1 Muestras de suelo</b>	<b>48</b>
<b>4.7.2 Muestras de biomasa</b>	<b>48</b>
<b>4.8 ANÁLISIS DE MUESTRAS</b>	<b>49</b>
<b>4.9 ANÁLISIS DE DATOS</b>	<b>49</b>
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>50</b>
<b>5.1 EVOLUCIÓN EN EL SUELO</b>	<b>50</b>
<b>5.1.1 Evolución del contenido de Humedad</b>	<b>50</b>
<b>5.1.2 Evolución del Nitrógeno Nítrico</b>	<b>53</b>
<b>5.1.3 Evolución del Nitrógeno Amoniacal</b>	<b>56</b>
<b>5.1.4 Evolución del Nmin en el suelo</b>	<b>59</b>
<b>5.2 MATERIAL VEGETAL</b>	<b>65</b>
<b>5.3 PRODUCCIÓN</b>	<b>68</b>
<b>5.4 DINAMICA DEL NITROGENO EN EL ENTORNO SUELO-PLANTA</b>	<b>72</b>
<b>5.5 ESTIMACIÓN DE “BALANCE DE NITROGENO” SEGÚN LA METODOLOGIA DEL INIA</b>	<b>74</b>
<b>5.6 EFICIENCIA EN EL USO DEL NITROGENO</b>	<b>76</b>
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>77</b>
<b>7. CONTINUACIÓN DE ESTE TRABAJO</b>	<b>77</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>78</b>
<b>9. ANEXOS</b>	<b>80</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

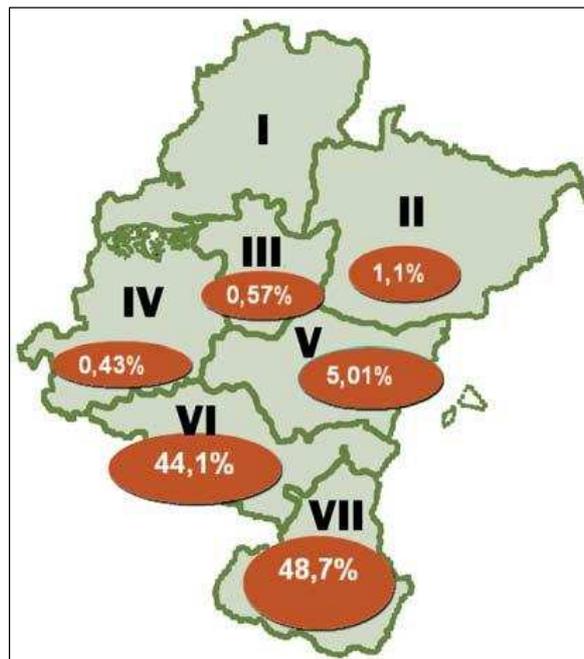
En Navarra la superficie total de regadío es de 103.271 Has que equivalen al 10% del territorio foral y a un poco más de la cuarta parte de todas las tierras de cultivo.

El maíz, por la superficie que ocupa, es uno de los cultivos más importantes en Navarra, siendo ésta de 13.395 hectáreas. El 90% de esta superficie se concentra en las comarcas VI y VII.

**Tabla 1:** Superficie Total de regadío de cada comarca Navarra. (has)

Comarca	Regadío Total (has)
I	0
II	544
III	2.382
IV	4.440
V	11.935
VI	38.134
VII	45.836
<b>TOTAL</b>	<b>103.271</b>

Fuente: Riegos de Navarra 2009.



**Gráfico 1:** Distribución geográfica del cultivo del maíz por comarcas agrarias (%). Fuente: Navarra Agraria. Marzo-Abril 2009.

Aproximadamente el 70% de la superficie cultivable se riega por gravedad (*Servicio Oferta Agroindustrial - Estadística Riegos de Navarra, S.A.*). Siendo éste el más ineficiente de los sistemas de riego existentes. El riego localizado tiene una eficiencia del 95% y el riego por aspersión el 75% mientras que el riego por gravedad apenas llega al 50% de eficiencia.

Además, el aporte hídrico con este tipo de riego no es homogéneo en toda la parcela y este efecto es más acentuado cuanto mayor es el desnivel de la parcela.

Por otro lado el cultivo del maíz requiere de unas elevadas dosis de Nitrógeno que se aporta en forma de urea, nitrato y amonio. En condiciones aeróbicas el amonio y la urea se oxidan a la forma de Nitrato ( $\text{NO}_3$ ) que tiene una gran movilidad en el suelo, motivo por el cual se debe ajustar la dosis de aplicación de este mineral. (*Coyuntura Agraria, 2005. DAGA – Gobierno de Navarra*).

El riego por gravedad provoca el movimiento de los nutrientes del suelo de las capas superficiales a las más profundas, sobre todo del  $\text{NO}_3$ , provocando la contaminación de acuíferos subterráneos.

Según la Orden Foral 220/2002 del 21 de Octubre, cuando la concentración de nitrato supera los **50 mg/L** el territorio se clasifica como “Zona Vulnerable”. En ella, los agricultores están obligados a extremar las precauciones a la hora de aplicar abonos y sus aplicaciones no deben superar unos límites establecidos, marcados expresamente para cada lugar.

Esta concentración de N en las aguas superficiales y subterráneas es preocupante debido a su posible efecto nocivo en la salud humana y al deterioro que provoca en el ecosistema acuático, al favorecer la eutrofización de las aguas.

Actualmente, en la Comunidad Foral de Navarra, la delimitación de las zonas vulnerables a la contaminación por nitrato lo regula la *ORDEN FORAL 128/2009, de 20 de marzo, de la Consejería de Desarrollo Rural y Medio Ambiente*. Ésta establece tres zonas de riesgo:

- a) **Zona 1:** Aluvial del Ebro en Mendavia; Conjunto de parcelas pertenecientes al término municipal de Mendavia.
- b) **Zona 2:** Aluvial del Ebro entre Tudela y Alagón; Conjunto de parcelas pertenecientes a los términos municipales de Cabanillas, Buñuel, Fustiñana, Ribaforada y Cortes.
- c) **Zona 3:** Aluvial del Cidacos entre Tafalla y Murillo el Cuende; Abarca diferentes parcelas de los términos municipales de Tafalla, Olite, Pitillas, Beire y Murillo el Cuende.



**Gráfico 2:** Mapa de localización de zonas vulnerables en Navarra 2009 (Fuente INTA)

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 EL CULTIVO DEL MAÍZ (*Zea mays*)

**Nombre común:** Maíz

**Nombre científico:** *Zea mays*

**Familia:** Gramíneas

**Género:** *Zea*

**Identificación:** planta anual de 1,5-3 m. Tallos gruesos (>15 mm), macizos. Hojas anchas (2-10 cm), con nervio central marcado. Planta monoica, con las flores masculinas en panícula terminal (penacho), flores masculinas formadas por lema, palea, 2 lodículas y 3 estambres, dos en cada espiguilla, también emparejadas, una casi sécil y la otra cortamente pedicelada. Flores femeninas en inflorescencias axilares (panoja o mazorca), dos por espiguilla (una de ellas estéril), lema y palea muy reducidas; espiguillas sentadas sobre el eje grueso de la mazorca, glumas reducidas. Estilos de gran longitud, exertos por la parte apical de la mazorca, formando la cabellera. Fruto en cariósipide, dura, generalmente amarilla.

**Forma biológica:** xerófito; **floración:** VII-IX.

**Requerimientos ambientales:** óptimo de crecimiento entre los 20-30 °C. No tolera el frío ni la sequía. Es exigente en agua. Se adapta a distintas condiciones edáficas, pero resiste mal el encharcamiento.

**Distribución y zonas de cultivo:** originaria de la América tropical. En la actualidad es el principal cultivo forrajero de verano en las zonas templadas cálidas y húmedas subtropicales del planeta, habiéndose extendido su cultivo a zonas templadas húmedas gracias a la aparición de variedades de ciclo corto. Muy utilizado en la Península Ibérica.

**Tipo de cultivo:** cultivo monófito de verano. Se siembra en regadíos y en secanos frescos. En la actualidad, es un cultivo muy empleado en las rotaciones forrajeras intensivas.

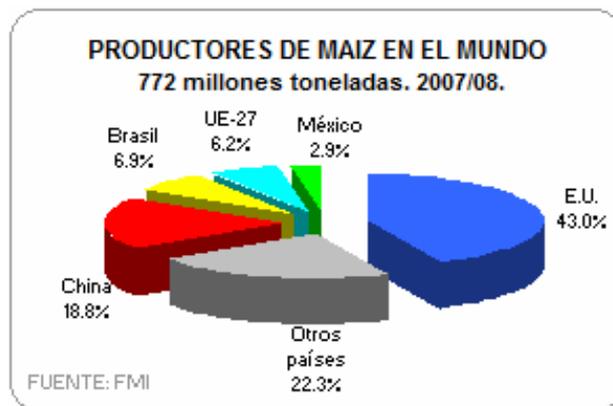
**Implantación y persistencia:** cultivo anual. Para la obtención de forraje se aconseja una densidad de siembra de 90.000-100.000 plantas/ha, para ello se emplean dosis de siembra elevadas, 50-100 kg/ha (superiores en un 15-20% a las aconsejadas para el maíz grano). La nascencia se produce rápidamente a partir de los 15°C.

**Interés forrajero:** es un cultivo muy productivo (puede superar las 20 tm ms/ha). Presenta un alto contenido en azúcares solubles que garantizan un elevado aporte de energía y una adecuada ensilabilidad. Los contenidos proteicos son bajos (6-9% PB). La digestibilidad de la planta entera es elevada y relativamente independiente del momento de corte (la producción de grano compensa la pérdida de digestibilidad del resto de la planta). Se utiliza para alimentación animal tanto el grano (formulación de piensos, alimentación de monogástricos) como la planta entera (alimentación de rumiantes).

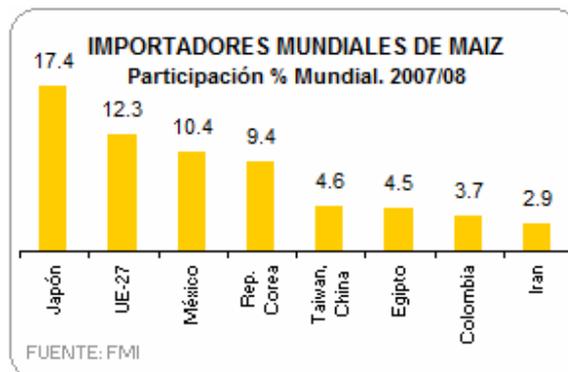
**Formas de aprovechamiento:** la práctica más habitual es la realización de un único corte con destino a silo en estadio de grano pastoso (contenido de materia seca en la planta entera del 30%). En este estadio, las espigas comienzan a secarse y los granos son harinosos y duros, pero se dejan rayar con la uña. Se recomienda el picado de la planta y, en algunas ocasiones, la adición de urea o amoníaco anhidro al silo para corregir los bajos contenidos proteicos. No se pastorea porque su capacidad de rebrote es escasa.

**Variedades:** existe en el mercado una gran oferta de variedades que se agrupan según la duración de su ciclo vegetativo. Las variedades ultraprecoces (C100) tienen un ciclo menor a 80 días. Las variedades muy tardías (C900-C1000) son más productivas pero tardan más de 140 días en llegar a su madurez fisiológica. En la Península Ibérica se emplean variedades de ciclo largo (C600-C900) salvo en las regiones del noroeste donde se cultivan principalmente variedades de ciclo medio (C400-500) y corto (C200-C300). Algunos cultivares sembrados para forraje son: Aligore, Cumbre, Goia, Dracma, Cerbere, Benicia, Atribute, Magullan.

**Situación mundial:** De los 772 millones de toneladas estimadas como producción mundial para el 2008, 43% correspondió a Estados Unidos, 18.8% a China, 6.9% Brasil, 6.2% a la Unión Europea y 2.9% a México (**Gráfico N°3**). El mayor importador de maíz a nivel mundial es Japón, seguido de la UE y México. (**Gráfico N°4**).



**Gráfico 3: Situación mundial: Principales productores de maíz.**



**Gráfico 4: Situación mundial: Principales importadores de maíz.**

## 2.2 FERTILIZACIÓN

### 2.2.1 NECESIDADES DEL MAÍZ

El nitrógeno es uno de los nutrientes esenciales que más limitan el rendimiento del maíz. Este macronutriente participa en la síntesis de proteínas y por ello es vital para toda la actividad metabólica de la planta. Su deficiencia provoca reducciones severas en el crecimiento del cultivo, básicamente por una menor tasa de crecimiento y expansión foliar que reducen la captación de la radiación fotosintéticamente activa. Las deficiencias de nitrógeno se evidencian por clorosis (amarillamiento) de las hojas más viejas.

El maíz necesita para su desarrollo unas ciertas cantidades de elementos minerales. Las carencias en la planta se manifiestan cuando algún nutriente mineral está en defecto o exceso. Se recomienda un abonado de suelo rico en P y K. En cantidades de 0.3 kg de P en 100 Kg de abonado. También un aporte de nitrógeno N en mayor cantidad sobre todo en época de crecimiento vegetativo.

El abonado se efectúa normalmente según las características de la zona de plantación, por lo que no se sigue un abonado riguroso en todas las zonas por igual. No obstante se aplica un abonado muy flojo en la primera época de desarrollo de la planta hasta que la planta tenga un número de hojas de 6 a 8.

A partir de esta cantidad de hojas se recomienda un abonado de:

- N: 82% (abonado nitrogenado).
- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 70% (abonado fosforado).
- K<sub>2</sub>O: 92% (abonado en potasa)

Durante la formación del grano de la mazorca los abonados deben de ser mínimos.

Se deben de realizar para el cultivo de maíz un abonado de fondo en cantidades de 825Kg/ha durante las labores de cultivo.

Los abonados de cobertera son aquellos que se realizan cuando aparecen las primeras hojas de la planta y los más utilizados son:

- Nitrato amónico de calcio. 500 kg/ha
- Urea. 295kg/ha
- Solución nitrogenada. 525kg/ha.

Es importante realizar un abonado ajustándose a las necesidades presentadas por la planta de una forma controlada e inteligente.

Necesidades de abonado:

**Nitrógeno (N):** La cantidad de nitrógeno a aplicar depende de las necesidades de producción que se deseen alcanzar así como el tipo de textura del suelo. La cantidad aplicada va desde 20 a 30 Kg de N por ha.

Un déficit de N puede afectar a la calidad del cultivo. Los síntomas se ven más reflejados en aquellos órganos fotosintéticos, las hojas, que aparecen con coloraciones amarillentas sobre los ápices y se van extendiendo a lo largo de todo el nervio. Las mazorcas aparecen sin granos en las puntas.

**Fósforo (P):** Sus dosis dependen igualmente del tipo de suelo presente ya sea rojo, amarillo o suelos negros. El fósforo da vigor a las raíces. Su déficit afecta a la fecundación y el grano no se desarrolla bien.

**Potasio (K):** Debe aplicarse en una cantidad superior a 80-100 ppm en caso de suelos arenosos y para suelos arcillosos las dosis son más elevadas de 135-160 ppm. La deficiencia de potasio hace a la planta muy sensible a ataques de hongos y su porte es débil, ya que la raíz se ve muy afectada. Las mazorcas no granan en las puntas.

**Otros elementos:** boro (B), magnesio (Mg), azufre (S), Molibdeno (Mo) y cinc (Zn). Son nutrientes que pueden aparecer en forma deficiente o en exceso en la planta.

Las carencias del boro aparecen muy marcadas en las mazorcas con inexistencia de granos en algunas partes de ella.

**Tabla 2:** Extracción de nutrientes por los cultivos, en kg por tm de materia seca de cosecha (*Canadian Fertilizer Institute 1998*).

Cultivo	Nitrógeno (N)		Fósforo(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )		Potasio(K <sub>2</sub> O)		Azufre(S)	
	Total	Export.	Total	Export.	Total	Export.	Total	Export.
<b>Granos</b>								
<b>Trigo</b>	32,1-39,2	22,6-27,9	12,1-14,7	9,1-10,9	27,5-34,0	6,8-7,9	3,4-4,2	1,5-2,3
<b>Cebada</b>	26,0-31,9	18,1-22,1	10,5-12,8	7,9-9,5	25,1-30,5	6,0-7,2	3,0-3,7	1,6-2,1
<b>Centeno</b>	27,0-32,8	17,1-20,9	13,3-16,5	7,2-8,7	38,0-46,7	5,8-7,3	4,6-5,5	1,2-1,7
<b>Avena</b>	30,1-36,6	17,3-21,2	11,2-12,8	7,3-8,7	41,0-49,9	5,3-6,1	3,6-4,5	1,1-1,7
<b>Maíz</b>	24,7-30,0	15,5-19,1	10,2-12,3	7,0-12,3	20,7-25,2	4,5-5,4	2,4-2,9	1,1-1,3

**Tabla 3:** Dosis de fertilizantes utilizadas habitualmente en la agricultura española para obtener las cosechas. *Fuente: Universidad de Murcia. Unidad Docente de Agricultura y Economía Agraria. Dpto. de Prod. Animal*

Cultivo	Rendimiento (t/ha)	N (‰)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (‰)	K <sub>2</sub> O (‰)
<b>Cereales</b>				
Trigo (grano)	1.5-4	28-30	11,0-14,0	25-30
Maíz (grano)	41913,00	26-30	10,0-12,0	25-30
<b>Leguminosas grano</b>				
Garbanzo	0.8-1.5	45-50	14-16	35-40
Lenteja	0.6-1.2	45-50	14-16	35-40
<b>Leguminosas forrajeras</b>				
Alfalfa (forraje verde)	50-60	4,0-5,0	1.5-2.0	2.5-3.0
Veza (forraje verde)	20-30	4,0-5,0	1.4-1.8	2.5-3.0
<b>Gramíneas forrajeras</b>				
Maíz forrajero (forraje verde)	60-70	2.0-2.2	1.2-1.4	2.5-3.0
Ray-grass forrajero	25-40	2.0-2.5	1.0-1.2	2.5-3.0
<b>Industriales</b>				
Algodón (fibra)	1.0-3.0	60-100	50-80	70-140
Girasol (frutos)	1.0-3.0	35-40	15-20	15-120
Soja (grano)	1.5-2.5	70-80	16-20	60-70

En términos generales es aceptado que las necesidades de los principales nutrientes que demanda el cultivo del maíz para producir 1000 Kg de grano cosechado al 14% de humedad son las que figuran en la tabla siguiente:

**Tabla 4:** Extracciones totales de fertilizante (Kg) por cada 1000kg de grano. *Fuente: Universidad de Murcia. Unidad Docente de Agricultura y Economía Agraria. Dpto. de Prod. Animal*

EXTRACCIONES POR CADA 1.000 KG DE GRANO COSECHADO	TOTALES EN KGS DE FERTILIZANTE				
COMPONENTES	Nitrógeno (N)	Fósforo(P2O5)	Potasio(K2O)	Magnesio(MgO)	Calcio(CaO)
Grano	16	7	5	4	3
Tallo y Hojas	12	4	18	4	8
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>11</b>	<b>23</b>	<b>8</b>	<b>11</b>

Por lo tanto, y dependiendo de los rendimientos potenciales que se deseen obtener la tabla adjunta nos permitirá conocer las aportaciones mínimas que deberemos realizar para la obtención de los objetivos marcados.

Para una cosecha de 10.000 Kg/ha se tendrá que multiplicar los valores anteriores por 10; lógicamente si la cosecha esperada fuera superior a las 10 Tm/ha, dichas cantidades deberán ser incrementadas en la correspondiente proporción.

Es necesario tener en cuenta que las necesidades de cada elemento nutritivo son distintas en cada momento del cultivo o fases de desarrollo de las plantas y por lo tanto, es imprescindible conocer dichas necesidades para poder determinar las cantidades y los momentos óptimos de aplicación de las mismas.

**Tabla 5:** Ritmo de absorción de diferentes nutrientes en cuatro fases de desarrollo distinto de las plantas. *Fuente: <http://www.agroinformacion.com>.*

RITMO DE ABSORCIÓN DE LOS ELEMENTOS NUTRITIVOS				
Ritmo de absorción (Respecto al total)	Hasta 8 hojas	De 8 hojas a floración	En Floración (15 días antes y 15 después)	Durante la formación de la mazorca
<b>Nitrógeno</b>	2%	38%	47%	12%
<b>Fósforo</b>	1%	27%	46%	26%
<b>Potasio</b>	4%	66%	30%	0%

En la tabla anterior se observa que las máximas necesidades de la mayoría de los nutrientes se concentran en un período aproximado de 5-6 semanas, destacando especialmente las dos semanas anteriores y posteriores a la floración.

### 2.2.2 LEYES DE LA FERTILIZACIÓN

Prácticamente al inicio de la moderna fertilización (hacia 1840) se promulgaron tres leyes básicas de esta práctica agraria que conviene recordar e interpretar:

- **Ley del mínimo.** La producción será tan alta como permita el factor más limitante. Aunque esta ley se formuló y se utiliza a menudo haciendo referencia a los nutrientes, en realidad debe contemplarse el conjunto de factores de la producción (el caso más claro puede ser el agua).
- **Ley de los rendimientos finalmente decrecientes.** La producción no puede incrementarse indefinidamente. El efecto productivo de un factor de producción cuya presencia se incrementa, llegará a ser negativo a partir de un cierto límite.
- **Ley de la restitución.** Al menos debe dejarse el suelo en las condiciones en las que se encontraba antes del cultivo (también es aplicable a todos los factores productivos). Es decir, aplicado a los nutrientes, debe reponerse al suelo tanto como exportó la cosecha.

Estas leyes siguen teniendo total vigencia, en particular las dos primeras, con la precaución de extenderlas a la totalidad de los factores productivos, y no solo a la presencia de nutrientes.

A la tercera ley cabe hacer algunas matizaciones, en el sentido de que:

- debe considerarse el estado inicial del suelo. En determinados casos puede ser recomendable no restituir todo lo exportado.
- por criterios económicos, debe perseguirse nutrir la planta y no el suelo. Es decir, no plantearse modificar las condiciones del suelo mas allá de lo imprescindible.

### 2.2.3 INCIDENCIA DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA

#### 2.2.3.1.- En los ecosistemas acuáticos

Los ecosistemas que contienen agua con elevado contenido en nitrato son rápidamente sometidos a importantes alteraciones (eutrofización, desequilibrios biológicos, etc.) que resultan en una degradación ambiental y en una pérdida de su potabilidad para consumo humano. Además la presencia de nitrato en un acuífero o masa de agua superficial puede indicar la presencia de otros contaminantes solubles generados por la actividad humana como triazinas y compuestos organofosforados altamente tóxicos.

Aunque la contaminación del agua por nitrato puede tener su origen en las aguas residuales de origen urbano, efluentes industriales o procedentes de campos de cultivo, se estima que más del 80% del nitrógeno que se incorpora a las aguas superficiales y subterráneas es de origen agrícola.

El nitrato, al tener una elevada solubilidad y, por su carga negativa, una retención prácticamente nula por las fracciones arcillo-húmicas del suelo, es fácilmente lixiviado por el agua de lluvia o de riego acumulándose en las aguas superficiales y subterráneas.

Por otra parte, el amonio procedente tanto de la aplicación de fertilizantes como de la mineralización de la materia orgánica se transforma en el suelo, por el proceso de nitrificación, en nitrato. La nitrificación es un proceso universal ya que las bacterias nitrificantes se encuentran en casi todos los suelos, aunque la tasa de nitrificación depende del pH, del estado nutricional, de la humedad y de la temperatura.

En líneas generales se puede decir que las mayores tasas de nitrificación se dan a pH entre 3,0 y 7,5 cuando la cantidad de agua en el suelo es próxima a la capacidad de campo, en suelos aireados y a una temperatura elevada, ya que la temperatura óptima para las bacterias nitrificantes está entre 25 y 30 ° C.

La contaminación de las aguas por nitrato se ha visto favorecida por los métodos agrícolas de producción intensiva que ha supuesto un creciente uso de abonos químicos y por la concentración de un gran número de cabezas de ganado en pequeñas extensiones de terreno. Es un problema extendido tanto en los países desarrollados como en los no desarrollados. En la Unión Europea, en la década de los 80 se observó un deterioro continuo de la situación con un incremento anual de 1 mg/L aproximadamente de la concentración media de nitrato en el agua.

### 2.2.3.2.- En la salud humana

Los nitratos son compuestos químicos que en ocasiones se encuentran en el agua de pozos. Por lo general, los niveles elevados de nitrato en el agua extraída de pozos se deben a la contaminación en las aguas subterráneas por el uso excesivo de fertilizantes, los residuos de granjas mal gestionados, o la infiltración de drenaje humano proveniente de las fosas sépticas.

En las redes de consumo público se realizan análisis periódicos para evitar que se utilice para consumo de boca agua que tenga niveles altos de contaminantes, actualmente la concentración máxima admitida es de 50mg/l. De hecho, en los últimos años del siglo XX se han venido abandonando algunos pozos que servían como fuente de abastecimiento y han sido sustituidas por otras fuentes de abastecimiento que no presentasen este problema de calidad.

Fuera de los servicios públicos de abastecimientos de agua, la contaminación de las aguas por nitrato debe ser tenida en cuenta por las personas que utilicen agua de pozos o manantiales no controlados para consumo, ya que puede acarrear algunos problemas de salud.

Los nitritos son de particular interés en la salud porque convierten la hemoglobina en la sangre a metahemoglobina. La metahemoglobina reduce la cantidad de oxígeno que se transporta en la sangre. Como resultado, las células no tienen suficiente oxígeno para funcionar adecuadamente en el organismo. A esta condición se le llama metahemoglobinemia.

Los bebés tienen relativamente poca acidez en sus estómagos comparados con los estómagos de los adultos. Esto permite que crezcan las bacterias que pueden transformar rápidamente el nitrato en nitritos, que son los que causan la metahemoglobinemia. A esta condición se le llama **Síndrome del Niño Azul**, porque la deficiencia de oxígeno causa que la piel del bebé se vuelva de un color azulado, particularmente alrededor de los ojos y la boca. Si no se atiende al bebé a tiempo, esta condición puede causarle la muerte.

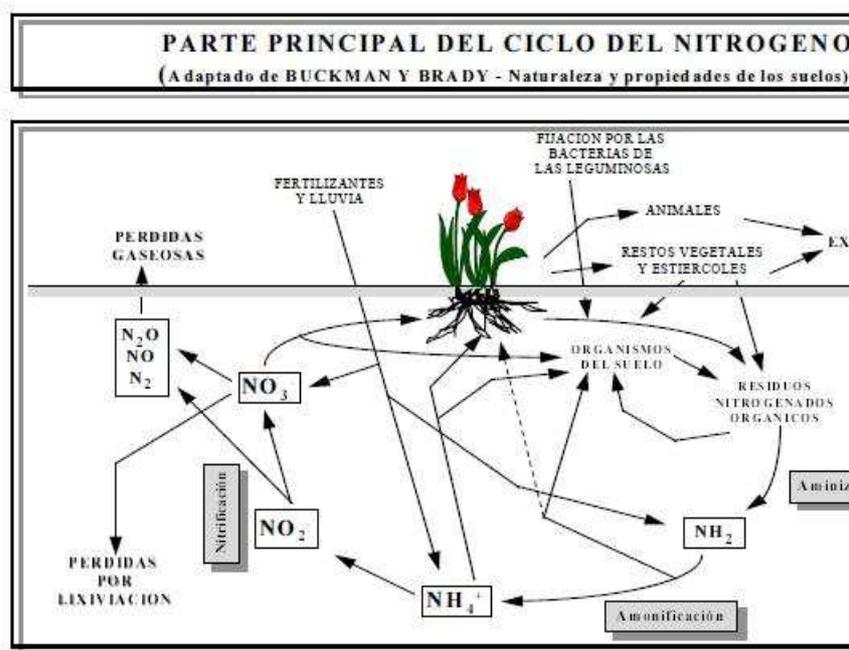
## 2.3 NITRÓGENO Y AGRICULTURA

### 2.3.1 CICLO DEL NITRÓGENO

Los nitritos son de particular interés en la salud porque convierten la hemoglobina en la sangre a metahemoglobina. La metahemoglobina reduce la cantidad de oxígeno que se transporta en la sangre

El ciclo del nitrógeno sirve para entender como el N se desplaza a través de la tierra, océanos y medio ambiente atmosférico.

El nitrógeno en la atmósfera se encuentra en forma de  $N_2$ , molécula que no puede ser utilizada directamente por la mayoría de los seres vivos (a excepción de algunas bacterias y algas cianofíceas).



**Grafico 5:** Ciclo del Nitrógeno.

El ciclo del N consta de varias fases:

- Fijación del  $N_2$
- Asimilación
- Mineralización (amonificación)
- Nitrificación
- Volatilización
- Desnitrificación

## Fijación del Nitrógeno

Consiste en la reducción del nitrógeno atmosférico a compuestos nitrogenados, es decir, en combinar el nitrógeno atmosférico con hidrógeno para formar principalmente amoníaco.

El N elemental se puede fijar de varias formas:

Fijación N	Físico-química	Electroquímica		
		Fotoquímica		
	Biológica	Simbiótica	Nódulos	
			Rizosfera	
		No simbiótica	Bacterias anaerobias facultativas	
			Bacterias anaerobias estricto	
			Bacterias aerobias	cianobacterias
bacterias microaerófilas				

### Principales formas de fijación del N.

Aunque el término fijación normalmente se usa para definir la fijación de N por bacterias (fijación biológica), también incluye la fijación por transformaciones no biológicas (fijación físico-química) las cuales incluyen las reacciones de tipo electroquímico (tormentas eléctricas) y fotoquímico (reacciones entre el ozono y el N<sub>2</sub> atmosférico para la fabricación de amoníaco y ácido nítrico). Pero lo que es más importante aún, el término fijación también incluye una fijación antropogénica, es decir, la realizada por actividades humanas (producción de energía, producción de fertilizantes y cultivos) que produce N “reactivo” (NOX, NHY y N orgánico).

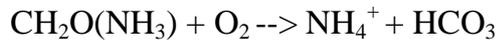
La fijación biótica, en ausencia de actividades humanas, supone un aporte de N al suelo proporcionando cerca de 90-130 Tg N/año\*. Las actividades humanas tienen una carga añadida y adicional de ~ 140 Tg N/año ( Tg = teragramo = un trillón de gramos). (Galloway et al., 1995). Estos autores predicen que la tasa de fijación antropogénica se incrementará un 60% para el año 2020, principalmente debido al incremento del uso de combustibles fósiles y fertilizantes, especialmente en Asia. Este incremento en la carga de N está causando cambios críticos en los ecosistemas a escala local y global (Galloway et al., 1995). La preocupación por el impacto que puedan producir estos cambios asociados a actividades humanas es la principal razón del interés creciente que supone la aplicación de los isótopos del nitrógeno en estudios ambientales.

## Asimilación

Generalmente se refiere a la incorporación de compuestos del N por los organismos. Aunque algunos autores ven la fijación de N<sub>2</sub> como una forma especial de asimilación, el término asimilación generalmente se refiere sólo a la incorporación de amonio, nitrato o nitrito. Las formas oxidadas de N inicialmente se reducen por nitrato o nitritos a amonio el cual eventualmente es asimilado en la materia orgánica.

## Mineralización

La mineralización es el cambio de N orgánico a amoníaco (NH<sub>3</sub>) o amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Este proceso, que consiste en la degradación, por hidrólisis, de las proteínas y ácidos nucleicos para producir amoníaco, se conoce también como amonificación.



Mat. orgánica + oxígeno disuelto → amonio + bicarbonato

Los compuestos orgánicos son muy poco solubles y no asimilables por las plantas. La transformación de N orgánico a las formas inorgánicas (incluido el nitrato) se lleva a cabo por acción de microorganismos que obtienen la energía necesaria a través de la oxidación de los compuestos orgánicos a CO<sub>2</sub>.

El primer producto nitrogenado inorgánico que se libera por acción de los microorganismos es el radical amonio (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Los cadáveres, heces y detritos que no son consumidos por otros animales son degradados por microorganismos hasta la obtención de amoníaco.

La inmovilización es el proceso contrario a la mineralización. Como mineralización e inmovilización actúan en sentido opuesto, su balance se conoce como mineralización neta.

La mineralización neta de la materia orgánica del suelo depende del contenido en materia orgánica, de la humedad y la temperatura del suelo. En climas templados la mineralización neta anual es, aproximadamente, el 1-2% del N total, lo que supone una producción de N mineral de unos 40 a 150 kg/ha, en los primeros 30 centímetros del suelo.

Un factor importante a considerar en la mineralización de la materia orgánica que se añade al suelo es su relación C/N, que indica la proporción de carbono con respecto a nitrógeno. Generalmente cuando se añade materia orgánica al suelo con una relación C/N de 20-25 o menor, se produce una mineralización neta, mientras que si los valores de este cociente son más altos, entonces los microbios que degradan esta materia orgánica consumen más amonio que el que se produce en la descomposición, y el resultado es una inmovilización neta de N (esta regla es solamente aproximada). La relación C/N de la capa arable en los suelos agrícolas suele estar entre 10-12.

## Nitrificación

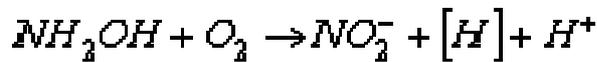
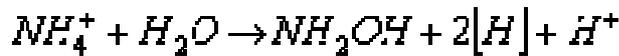
Es un proceso de oxidación multi-paso realizado por diferentes organismos autótrofos para formar energía metabólica.

La nitrificación consiste en la oxidación biológica del amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), primero a nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) y luego a nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), con la intervención de las bacterias nitrificantes del suelo. El amonio se produce tanto en presencia como en ausencia de oxígeno, pero la formación de nitrato requiere oxígeno, por lo que si predominan las condiciones reductoras, la formación de nitrato se ve dificultada. Estas reacciones de oxidación producen acidez.

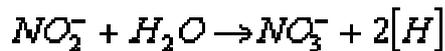
Pero el nitrato no es el único producto que se origina durante la nitrificación. Las diferentes reacciones que tienen lugar durante la nitrificación producen varios óxidos de nitrógeno (NO, N<sub>2</sub>O, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>).

La nitrificación se puede describir como dos reacciones de oxidación parciales, cada una de las cuales tiene lugar de forma separada:

Oxidación del NH<sub>4</sub> (amonio) a NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (nitrito)

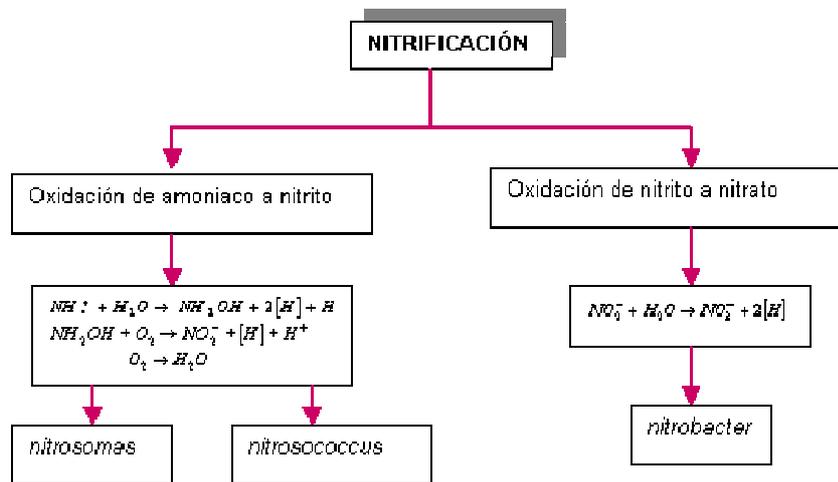


Oxidación del NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (nitrito) a NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (nitrato)



\*La transformación de amonio a nitrato aumenta cuando la temperatura de suelo es superior a los 10° C, es decir, a partir de la primavera.

En la primera reacción las bacterias del género Nitrosomonas oxidan el amonio a nitrito. En la segunda reacción las bacterias del género Nitrobacter convierten el nitrito en nitrato.



Varios investigadores han estudiado la fuente del oxígeno en estas reacciones (Hollocher et al., 1981; Andersson y Hooper, 1983; Kumar et al., 1983; Hollocher, 1984) y la idea actual es que dos de los oxígenos en el NO<sub>3</sub> derivan del agua y otro deriva del O<sub>2</sub>, pudiendo haber un intercambio adicional de oxígeno entre el nitrato y el agua.

Normalmente, en los suelos los niveles de nitrito suelen ser muy bajos en comparación con los niveles de nitrato ya que el nitrito se transforma en nitrato con mayor rapidez de la que se produce.

Bajo condiciones adecuadas, la nitrificación puede transformar del orden de 10-70 kilos N/ha/día. Esto implica que un abonado en forma amónica puede transformarse casi totalmente en nitrato en unos pocos días si la humedad y temperatura del suelo son favorables.

En ocasiones, debido a que la nitrificación es bastante más rápida que la mineralización, se emplea el término mineralización para indicar el proceso global de conversión del N orgánico en N mineral (fundamentalmente nitrato y amonio).

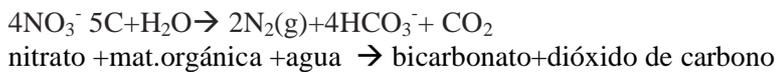
Con la nitrificación se alcanza el mayor nivel de oxidación del N. El nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) obtenido de este modo cierra el ciclo principal, siendo una parte aprovechado por las plantas mientras que otra parte del que circula por el suelo va a parar a las aguas subterráneas por procesos de lixiviación.

### Volatilización

Término comúnmente usado para referirse a la pérdida de amoníaco gaseoso desde la superficie del suelo a la atmósfera. Esto ocurre porque el amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) del suelo, en condiciones de pH alcalino, se transforma en amoníaco (NH<sub>3</sub>), que es un gas volátil.

### Desnitrificación

Es la conversión (reducción), por acción de bacterias heterótrofas en condiciones anaerobias y en presencia de carbono asimilable, del nitrato en nitrógeno gaseoso (N<sub>2</sub>) o en óxidos de nitrógeno (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, N<sub>2</sub>O) también gaseosos, los cuales pasan directamente a la atmósfera.



Este fenómeno se debe a que, en condiciones de mucha humedad en el suelo, la falta de oxígeno obliga a ciertos microorganismos a emplear nitrato en vez de oxígeno en su respiración. Por tanto, la capacidad de reducir el nitrato a compuestos gaseosos está limitada a los organismos que pueden utilizar el oxígeno del nitrato y del nitrito en su metabolismo. Por tanto, las condiciones más favorables para que tenga lugar la desnitrificación bacteriana incluyen la existencia de un drenaje deficiente, una temperatura superior a 25°C, baja acidez del suelo y suficientes aportes de materia orgánica fácilmente descomponible.

La reducción de nitrato por bacterias desnitrificantes *Pseudomonas* heterótrofas y la respiración simultánea de CO<sub>2</sub> procedente de la oxidación de la materia orgánica es la principal causa de la desnitrificación en el suelo.

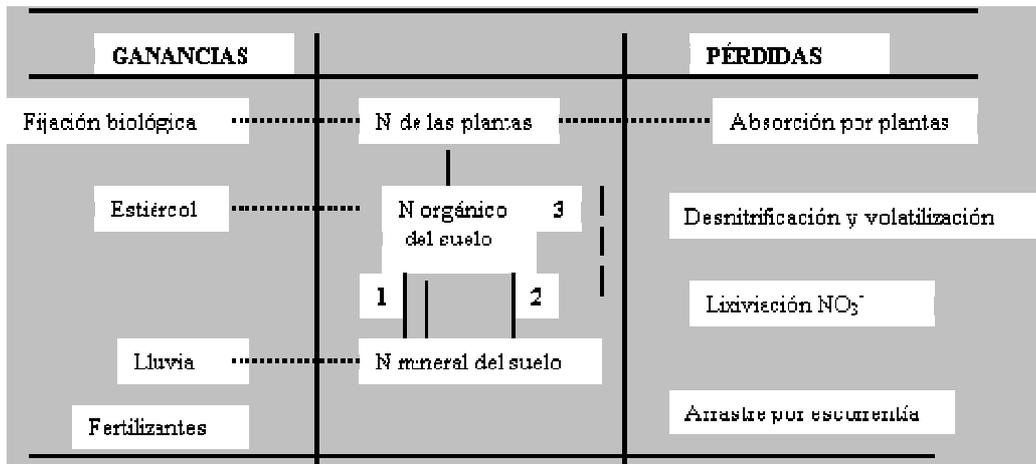
Sin embargo, la desnitrificación durante la respiración químico-autrónica de las bacterias desnitrificantes *Thiobacillus*, que oxidan el sulfuro, también puede ser importante en sistemas de depuración de aguas residuales (Batchelor y Lawrence, 1978). Las bacterias nitrificantes *Pseudomonas* son unos microorganismos anaeróbicos facultativos que intercambian la reducción de nitrato en los niveles de O<sub>2</sub> próximos a los 0,5 mg/l o inferiores (Hübner, 1986). Otras bacterias nitrificantes facultativas hacen este intercambio en diferentes niveles de O<sub>2</sub>.

**Balance del nitrógeno dentro del ciclo**

<b>Aportes</b>	<b>Naturales</b>	<b>Lluvia*</b>
		<b>Fijación biológica</b> del nitrógeno atmosférico por las plantas.
		<b>Fijación bacteriana</b> del amoniaco que va disuelto en el agua.
	<b>Artificiales</b>	<b>Abonos orgánicos</b> (estiércol)
<b>Abonos inorgánicos</b> (fertilizantes químicos)		
<b>Pérdidas**</b>	<b>Absorción por las plantas</b>	En los procesos de asimilación y absorción, las plantas transforman los compuestos amónicos y los nitrato en proteínas y otros <u>compuestos nitrogenados</u> .
	<b>Lixiviación o lavado del nitrato</b>	Es el arrastre del mismo por el agua del suelo que percola más bajo de la zona radicular. Este proceso es el que produce la <b>contaminación</b> de las aguas subterráneas por nitrato, ya que, en general, una vez que éste deja de estar al alcance de las raíces, continúa su movimiento descendente hacia los acuíferos sin apenas ninguna transformación química o biológica.
	<b>Arrastre por escorrentía</b>	Una parte del agua de lluvia o del exceso riego no se infiltra en el terreno sino que fluye hacia terrenos más bajos o cursos superficiales de agua pudiendo arrastrar cantidades variables de N de los suelos agrícolas. En general, estas pérdidas de N del suelo son pequeñas, excepto cuando la escorrentía se produce poco después de un abonado nitrogenado.
	<b>Desnitrificación</b>	Causada por las bacterias anaerobias formándose gas nitrógeno y óxido nitroso que se pierden en la atmósfera.
	<b>Volatilización</b>	Aunque puede haber pérdidas importantes de N por volatilización cuando se abona con amoniaco anhidro, resultan más frecuentes aquellas que ocurren cuando se emplean abonos nitrogenados en forma amónica en suelos alcalinos, sobre todo si el pH es mayor de 8. La urea puede experimentar también pérdidas variables por volatilización después de transformarse en amonio en el suelo. Los estiércoles, si no se incorporan al suelo, pueden perder del 10 al 60 por 100 de su N por volatilización, debido a que una parte importante de su N puede estar en forma amónica.

\* Contiene cantidades variables de N en forma de amonio, nitrato y óxidos de nitrógeno. En los sistemas naturales la lluvia constituye una fuente importante de N. Sin embargo, en los sistemas agrícolas, este aporte (5-15 kilos N/ha/año) es pequeño en comparación al de los fertilizantes.

\*\* Todas las pérdidas afectan a las combinaciones minerales del elemento.



\*1 = inmovilización; 2 = mineralización; 3 = absorción

En el nivel superficial del suelo es donde se desarrollan las transformaciones de tipo biológico que tienen lugar en el ciclo del N. En este nivel, que incluye la zona radicular en la que la actividad bioquímica generalmente es intensa, los excedentes nítricos, muy móviles, pueden ser arrastrados por percolación a las capas inferiores, es decir, a horizontes más profundos.

En una Zona No Saturada o parcialmente saturada, de flujo vertical lento, que condiciona en gran parte el tiempo de transferencia hacia la zona saturada, se produce una sucesión de “olas” de nitrato correspondiendo cada una al efecto global de un ciclo de lixiviación, incorporándose nitrato hacia capas más profundas con velocidades que se sitúan con frecuencia entre 50 y 100 cm por año, aunque esta cifra es muy variable y depende de una serie de factores (acciones de oxidación-reducción, procesos de absorción y adsorción, bioquímicos y de dilución).

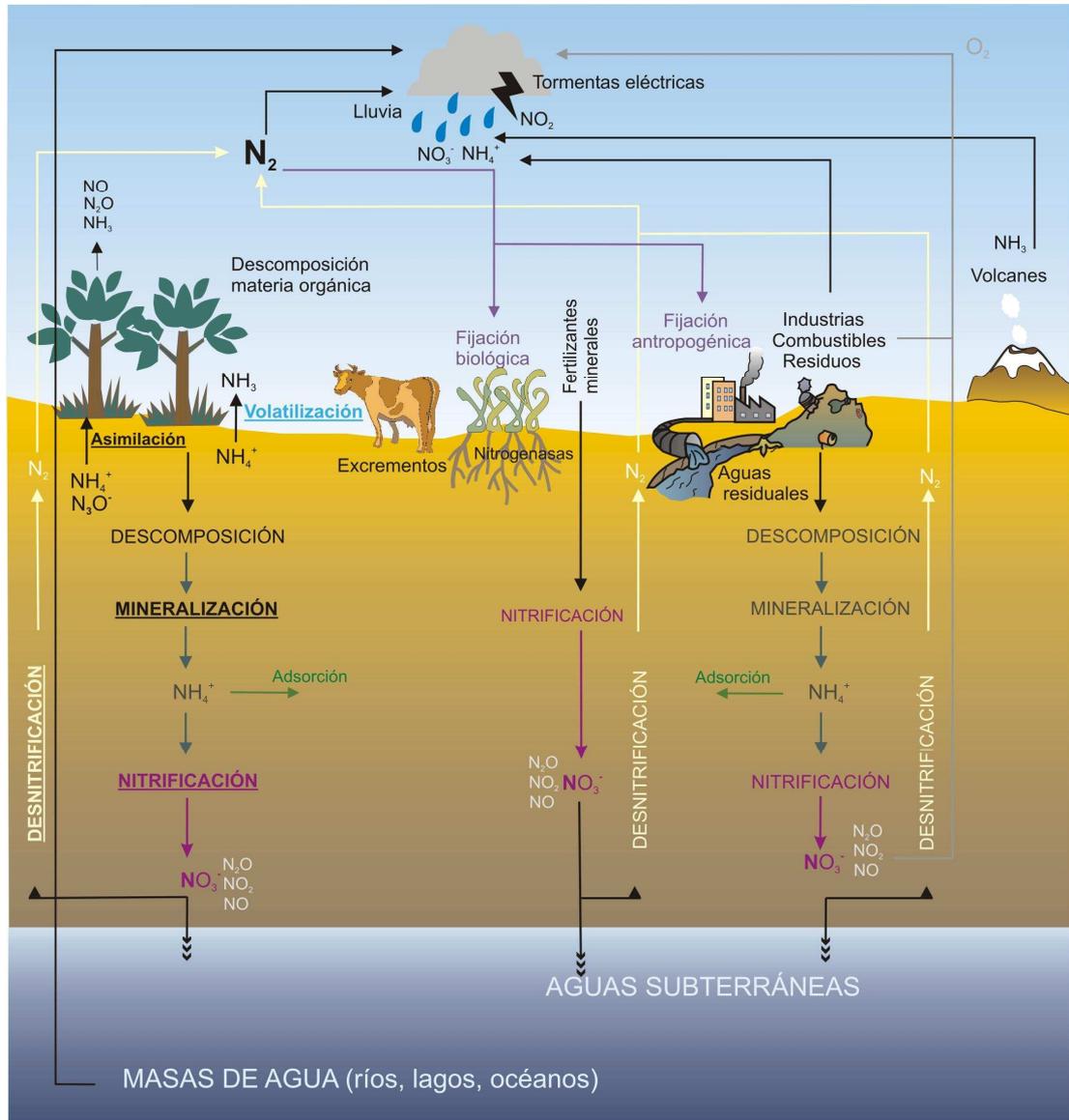
En cultivos inundados, como por ejemplo el arroz, el nitrógeno orgánico pasa rápidamente a forma amoniacal, no formándose nitrato por la escasez de oxígeno presente en el medio. Así gran parte del nitrato aportado como abono se transforma en amoniaco perdiéndose rápidamente por la volatilización.

En cultivos de secano, con precipitaciones escasas y temperaturas altas, las pérdidas por desnitrificación son pequeñas. Sin embargo, estas pérdidas pueden ser elevadas por volatilización del amoniaco. La lixiviación sólo se da en casos en que coincida el periodo de aplicación con el periodo de lluvias.

En cultivos de regadío, o en cultivos en zonas húmedas, las pérdidas más importantes se dan por lixiviación del nitrato así como por desnitrificación en condiciones de encharcamiento.

### El suelo: punto clave en el ciclo del Nitrógeno.

El ciclo completo que sufre el nitrógeno de forma natural puede esquematizarse como aparece a continuación:



**Gráfico 6:** Representación del ciclo completo del nitrógeno.

La fuente primaria de nitrógeno es la atmósfera, con un 79 % de nitrógeno en forma molecular ( $N_2$ ), su incorporación al suelo significa la entrada en un subsistema bastante complejo en el que está sujeto a un conjunto de transformaciones y procesos de transporte que pueden en algún momento desembocar en el agua freática.

De forma muy esquemática, las “**entradas**” de nitrógeno mineral al suelo se producen desde la atmósfera a través del agua de lluvia, en forma de amonio o de óxidos de nitrógeno disueltos o, también, a través de la fijación bacteriana. Este nitrógeno pasa a “alimentar” un ciclo “menor” de este elemento que ocurre en el suelo.

Las actividades industriales, y también la ganadería, han incrementando la cantidad de amoniaco y de óxidos de nitrógeno en la atmósfera con lo que el aporte a través del agua de lluvia se ha visto incrementado también en parte debido al hombre.

La fijación de nitrógeno atmosférico por bacterias simbióticas con plantas leguminosas ha sido utilizada desde mucho tiempo atrás por el hombre, y hoy se cultivan extensamente leguminosas.

La fijación industrial y posterior aporte de diversas formas nitrogenadas al suelo supone una vía abierta por el hombre.

En condiciones naturales las cantidades de nitrógeno “arrastradas” hasta el suelo son pequeñas, algunos autores las cifran en torno a los 10 kg por hectárea y año. La actividad agraria multiplica esa cifra habitualmente por entre 4 y 40 veces, y hasta 100 veces en las condiciones de cultivo más intensivas.

También son generalmente pequeñas las cantidades de nitrógeno revertidas desde el suelo a la atmósfera. La mayor parte del nitrógeno en el suelo será normalmente absorbido por las plantas y pasará a alimentar el ciclo de este elemento en el suelo, que va muy ligado al ciclo de la materia orgánica. La mayor parte del nitrógeno presente en el suelo lo está en forma orgánica, integrado bien en la biomasa viva, en la materia orgánica fresca o en la materia orgánica estable (humus). Una parte habitualmente muy pequeña del nitrógeno está en el suelo en forma mineral, y la mayor parte de este en forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), que es la forma más oxidada de nitrógeno en el suelo y las aguas, y también la más comúnmente asimilada por las plantas.

Cabe resaltar los siguientes aspectos de esta parte del ciclo del nitrógeno que se desarrolla íntegramente en el suelo o sus proximidades:

- El nitrógeno es asimilado por las plantas en formas minerales, esto quiere decir que no pueden tomarlo en cualquier momento del ciclo.

- Una parte, muchas veces importante, de la planta queda en el suelo en forma de restos orgánicos con cierto contenido de nitrógeno.

- La parte de las plantas que es consumida por animales, les aporta a estas sustancias nitrogenadas que finalmente retornaran al suelo en forma de estiércol o de restos animales.

- El conjunto de los restos orgánicos presentes en el suelo, en condiciones normales, entran primero en un proceso de mineralización, denominado “**AMONIFICACION**” en cuanto al nitrógeno se refiere, que da lugar a nitrógeno en forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ). Este proceso es más o menos rápido cuando parte de materia orgánica fresca, pero muy lento si parte de materia orgánica estabilizada en el suelo (humus).

- El conjunto del amonio presente en el suelo, procedente de amonificación o aportado al suelo como fertilizantes en esa forma, sufre dos procesos de oxidación sucesivos que están producidos por dos grupos de bacterias muy específicas. En el primero, las “nitrosomonas” oxidan el amonio a nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ); en el segundo, las “nitrobacter” oxidan los nitritos a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). A este proceso en su conjunto se le denomina “**NITRIFICACION**”, y las bacterias que participan son muy abundantes en todos los suelos.

- Las formas amonio y nitrato, formadas en el suelo o aportadas mediante fertilización, pueden ser nuevamente absorbidas por las plantas, vuelven así a la biomasa y reinician el ciclo.

En esta parte del ciclo del nitrógeno que atraviesa el suelo, se pueden producir salidas de nitrógeno en diferentes puntos:

- Si se trata de cultivos, una salida importante es la extracción de producciones en forma de nitrógeno contenido en las proteínas de granos, frutos o forrajes. Esta sería la única salida deseable.

- En condiciones de riego o de elevadas pluviometrías, si existen pérdidas de agua por drenaje, parte del nitrato originado en la nitrificación o aportado por fertilización puede ser arrastrado por el agua hasta capas situadas fuera del alcance de las raíces y finalmente, si existe capa freática, pueden acceder a ella contaminándola.

- En condiciones de suelos encharcados, o mal aireados, con falta de oxígeno, se da un fenómeno de circulación inversa al sentido normal de la evolución de las sustancias nitrogenadas. El nitrato es reducido desde la forma nitrato hasta la forma gaseosa  $N_2$ , que se pierde a la atmósfera. A este proceso se le llama “desnitrificación”, y es una pérdida no deseable.

- Finalmente, también una parte del nitrógeno aportado en superficie, y no mezclado en el suelo, puede perderse por evaporación en forma de amoníaco ( $NH_3$ ), a este fenómeno se le conoce como “volatilización”, y es también una pérdida no deseable de parte del nitrógeno.

En resumen el ciclo del nitrógeno en el suelo en condiciones naturales presenta las siguientes características:

- El aporte nitrogenado es casi exclusivamente orgánico. Se establece prácticamente una “recirculación” del nitrógeno encerrado en este ciclo.

- Los aportes minerales son pequeños y proceden de la atmósfera a través del agua de lluvia o de fijación bacteriana.

- Al ser el nitrógeno mineral escaso hay un equilibrio entre la disponibilidad y la absorción por las plantas.

- Generalmente hay concentraciones muy bajas de nitrógeno en forma mineral.

Como resultado, la posibilidad de pérdidas por volatilización, desnitrificación o lavado son muy pequeños. Desde luego que la forma nitrato que exista es soluble y puede movilizarse pero las oportunidades de pérdida son reducidas.

**La participación del hombre ha modificado el ciclo del nitrógeno** en su beneficio, en los siguientes aspectos:

- Se realiza un aporte mineral, a veces muy importante, fijando el nitrógeno atmosférico por medios industriales.

- Los estiércoles y muchos otros subproductos de origen ganadero, industrial o urbano, susceptibles de ser utilizados como fertilizantes, se producen concentrados y, a menudo se aportan también en dosis puntualmente elevadas.

- Las actividades ganaderas, urbanas e industriales han generado mayor contenido en la atmósfera de compuestos nitrogenados reactivos (amoníaco u óxidos de nitrógeno). Estas actividades también inciden en aportes al suelo o al agua de sustancias nitrogenadas.

- La práctica del riego introduce mayor posibilidad de lavado de sustancias, entre ellas nitrato, y cada vez con más frecuencia, supone un aporte de nitrógeno al suelo.

- El manejo del suelo en la agricultura moderna introduce un nuevo factor de acumulación de nitrato en los periodos en que el suelo permanece desnudo.

La principal reserva de nitrógeno en este ciclo es la materia orgánica contenida en el suelo, que contiene aproximadamente un 5 % de nitrógeno, que será mineralizado lentamente.

Debido a las interacciones que existen entre todas las partes de este sistema, para poder reducir la lixiviación de nitrato, sin disminuir apreciablemente la producción de los cultivos, es necesario conocer cómo influyen las prácticas agrícolas y los factores ambientales en los diversos procesos de este ciclo.

En todo caso, varias **conclusiones** pueden extraerse del examen del ciclo del nitrógeno:

- \* La existencia de nitrógeno en el suelo es fundamental para el mantenimiento de la vida.
- \* La presencia de nitrógeno en forma de nitrato es absolutamente natural y no solo procede de los aportes fertilizantes.
- \* La absorción por las plantas es una parte importante del ciclo, de forma que la ausencia de cultivo facilita la pérdida de nitrógeno mineral que, en cualquier caso, se liberará desde la materia orgánica.
- \* La salida de nitrato de este ciclo esta muy ligada a las pérdidas de agua por drenaje. Riegos excesivos pueden incrementar notablemente la salida de nitrato.

### 2.3.2 PÉRDIDAS POR LIXIVIACIÓN

Esta pérdida es el lavado de nitrato por el agua de percolación del suelo por debajo de la zona de aprovechamiento de las raíces. Para que se genere la misma es necesario un flujo vertical de agua en el perfil del suelo saturado provocado por lluvias intensas o el riego. Esta pérdida resulta más importante en suelos arenosos por la mayor movilidad vertical de los nitrato.

Teniendo en cuenta que estamos frente a un ciclo climático húmedo, los pronósticos meteorológicos de corto plazo a nivel local deberían considerarse en las decisiones de fertilización a campo.

Existen varios factores que inciden de forma integral en la magnitud de las pérdidas de nitrógeno por lixiviación de nitrato: tipo de suelo (textura, permeabilidad, etc.), cobertura de residuos o de cultivos; disponibilidad de nitrato en el suelo; intensidad de la lluvia y/o riego; etc.

En términos generales, un excedente o balance positivo de agua en el sistema suelo-planta determina una salida neta de nitrato fuera del sistema suelo-planta. La estrategia de manejo del fertilizante debería procurar aplicar el nitrógeno escapando a los eventos de lluvias intensas o en etapas en donde el cultivo comienza a consumir agua y nutrientes en forma más intensa. En el caso del maíz, a partir de V6-7 comienza una etapa de crecimiento activo y por ende esta etapa fenológica resultaría un buen momento para agregar nitrógeno.

En aplicaciones a la siembra o de post-emergencia, de presentarse eventos de lluvias intensas (comunes en esta época) podrían reducir el aprovechamiento del nitrógeno fertilizado. En el caso de sistemas bajo riego, la lámina de agua aplicada no debería superar la demanda real de evapotranspiración del cultivo para evitar la migración de los nitrato fuera de la zona de aprovechamiento radical del cultivo.

### 2.3.3 PÉRDIDAS GASEOSAS: NITRIFICACIÓN Y DESNITRIFICACIÓN

En cuanto a **las pérdidas gaseosas**, se calcula que la agricultura es la responsable de aproximadamente dos tercios de la emisión total de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) a la atmósfera, de más de un tercio de las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$ , y de alrededor de un cuarto de las emisiones de óxido nítrico (NO).

Estos gases tienen numerosos efectos negativos sobre el medio ambiente como la eutrofización de ecosistemas una vez depositados en forma seca o húmeda ( $\text{NH}_3$  y NO), la producción de ozono troposférico (NO), la disminución del ozono estratosférico ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y el calentamiento global de la atmósfera ( $\text{N}_2\text{O}$ ). En concreto, se calcula que la agricultura contribuye en cerca de un 80% a las emisiones antropogénicas de  $\text{N}_2\text{O}$  y en casi un 40% a sus emisiones globales.

Al contrario que el  $\text{NH}_3$  y el NO, el  $\text{N}_2\text{O}$  es estable en la troposfera y tiene un tiempo de permanencia en la atmósfera mayor de 100 años, de forma que su efecto relativo como gas invernadero es unas 150 veces superior al del  $\text{CO}_2$ . Por lo tanto las implicaciones del  $\text{N}_2\text{O}$  producido por la agricultura moderna, tanto como gas invernadero como en la destrucción de la capa del ozono estratosférico, durarán durante varias generaciones futuras. (*Carmen González, et all*).

**Volatilización de amoníaco:** Esta pérdida se genera en aplicaciones de urea o fertilizantes que contienen urea en su composición o aplicaciones de fertilizantes amoniacales en suelos con pH elevados. Cuando la urea se hidroliza en el suelo, se incrementa el pH alrededor de los gránulos del fertilizante alcanzando pHs de 8.5 desplazando el equilibrio del amonio hacia el amoníaco, que se pierde como gas. La enzima que cataliza la hidrólisis de la urea en el suelo es la ureasa. La concentración de esta enzima es muy superior en los rastrojos que en suelo.

Por ello, la aplicación de urea sobre residuos incrementaría la tasa de pérdida de nitrógeno por esta vía, siempre que el ambiente sea favorable. Los otros factores que predisponen la pérdida por volatilización son la temperatura (mayores a 15-18 °C), dosis de nitrógeno, vientos, pH del suelo, etc. Una vez incorporado el fertilizante (ya sea por un implemento agrícola o por las lluvias y/o riego) la magnitud de la pérdida se reduce significativamente.

**Desnitrificación:** Este proceso es poco relevante en maíz. Se presenta en condiciones de excesos hídricos prolongados en el suelo que generan anaerobiosis que promueven la reducción de los nitrato a óxidos de nitrógeno y en casos extremos a nitrógeno molecular ( $\text{N}_2$ ). Este mecanismo de pérdida se presenta cuando la humedad del suelo se incrementa por encima de 60% de la capacidad de campo.

### 2.3.4 ZONAS VULNERABLES A NITRATO

Se consideran "Zonas vulnerables" todas las superficies conocidas del territorio cuya escorrentía fluya hacia aguas con concentraciones de nitrato mayores de 50 mg/l y que contribuyan a la contaminación.

Con borde blanco se delimitan las zonas vulnerables del territorio foral.



**Gráfico 7:** Delimitadas las zonas vulnerables a la contaminación con nitrato en la Comunidad Foral. Fuente: Gobierno de Navarra. IDENA.

La primera declaración de zonas vulnerables fue la publicada en la CF de Navarra en 1998, en base a un estudio realizado por el Gobierno de Navarra en 1997. **El estudio concluyó que había amplias zonas del territorio en las que las masas de agua presentaban niveles elevados de nitrato y, aunque no se consideraba necesario declarar zonas vulnerables a todas, se aconsejaba "desarrollar medidas que permitan prevenir y reducir la contaminación por los nitrato de origen agrario".**

En el año 1999 se inicia la elaboración de un estudio sobre la contaminación por nitrato del acuífero aluvial del Ebro como soporte para la aplicación de la Directiva. En base a dicho estudio Navarra designa dos áreas vulnerables en el 2002 (Decreto Foral 220/2002).

Dichas aguas se localizaban en las zonas Viana-Mendavia, 2.842 ha de regadío, y Cabanillas-Bunuel, 7.237 ha, y fueron declaradas como vulnerables (Decreto Foral 220/2002 de 21 de octubre). Posteriormente, por Orden Foral 188/2006 de 5 de junio se aprueba el mantenimiento de las zonas vulnerables designadas por el citado DF.)

**Tabla 6:** Zonas declaradas vulnerables en el año 1999. (Decreto Foral 220/2002 de 21 de octubre).

ZONA	TÉRMINO MUNICIPAL	SUP. REGADÍO(ha)
Zona 1 Acuífero Ebro	Mendavia	2.842
	Viana	2.285
		557
Zona 2 Acuífero Ebro III		7.237
	Bunuel	2.971
	Cabanillas	981
	Fustiñana	924
	Ribaforada	2.361
<b>TOTAL</b>		<b>10.079</b>

En el año 2006 se lleva a cabo el examen para la modificación o ampliación de la designación de zonas vulnerables a los nitrato de origen agrario, a realizar como mínimo cada 4 años, de conformidad con el artículo 6 de la Directiva de Nitrato. Sobre la base de los resultados obtenidos en el programa de muestreo y seguimiento de calidad del agua (periodo 2002-2005), se llega a la conclusión del mantenimiento de las zonas designadas.

En consecuencia se aprueba la Orden Foral 188/266, de 5 de junio, por la que se aprueba el mantenimiento de las zonas vulnerables designadas en 2002.

En el año 2007 la Confederación Hidrográfica del Ebro definió en toda la cuenca 30 “zonas afectadas por la contaminación (50 mg/l) o en riesgo de estarlo (25 mg/l)” con datos disponibles de las concentraciones de nitrato en las aguas subterráneas hasta diciembre de 2006. Para cada una de estas zonas la CHE ha elaborado una ficha con los puntos de muestreo, la concentración de nitrato en 2006, la zona considerada como “afectada o en riesgo” y la evolución temporal de los nitrato.

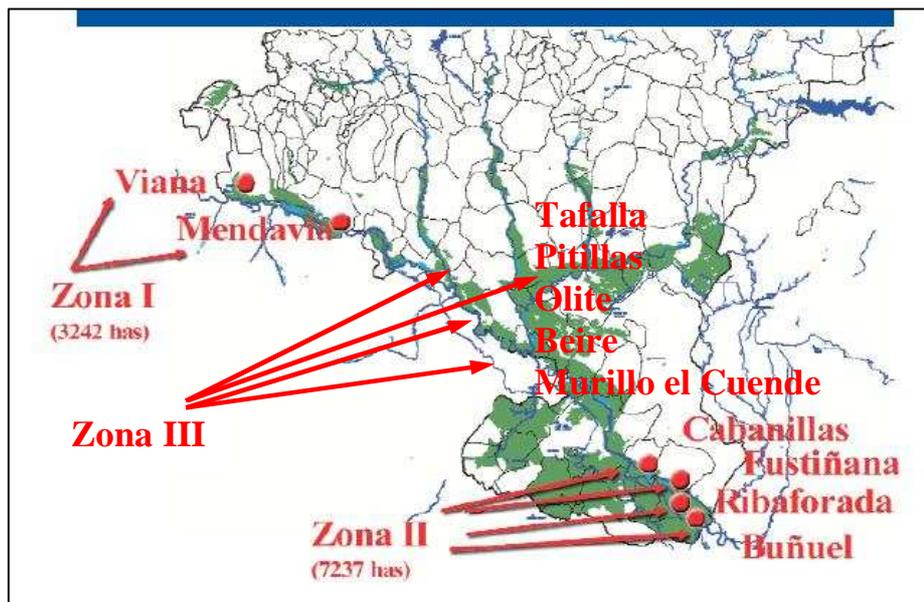
De las 30 zonas, 3 se encuentran en Navarra, y se adjuntan en el siguiente cuadro. Las zonas coinciden con el acuífero aluvial del Ebro y afluentes.

**Tabla 7: Zonas afectadas por contaminación de nitrato.** Fuente: "Revisión periódica de las zonas designadas como vulnerables a los nitrato de origen agrario en Navarra (Periodo 2002-2005)" Confederación hidrográfica del Ebro.

ZONA AFECTADA O EN RIESGO	MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA
6 Aluvial del Ebro en Logroño y en Mendavia, y aluvial bajo del Leza	048 Aluvial de la Rioja-Mendavia
7 Aluviales del Ebro y afluentes entre Calahorra y Rincón de Soto, y del Aragón y Ebro entre Marcilla y Castejón.	049 Aluvial del Ebro-Aragón: Lodosa-Tudela
8 Aluvial del Ebro entre Tudela y Alagón, y aluviales bajos de sus afluentes Queiles, Huecha y Arba	052 Aluvial del Ebro: Tudela-Alagón
7 Informe "Revisión periódica de las zonas designadas como vulnerables a los nitrato de origen agrario en Navarra (Periodo 2002-2005)"	

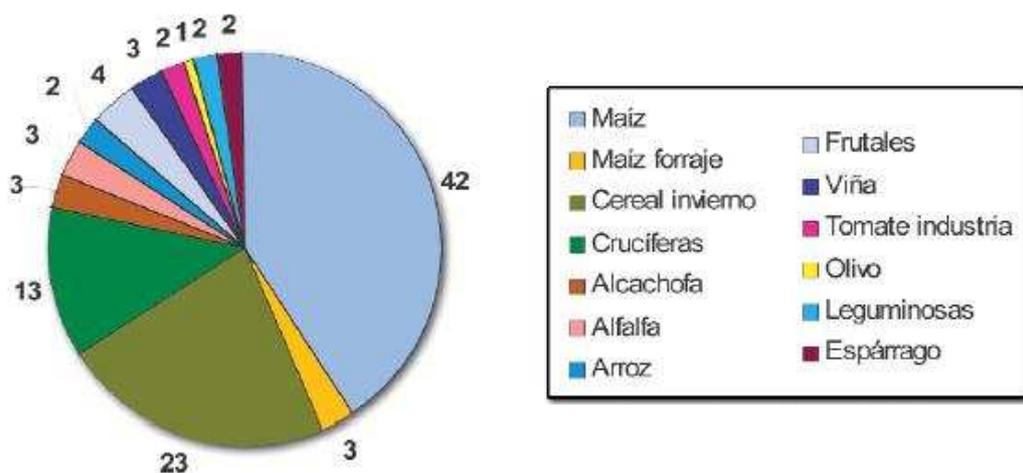
**Actualmente** la delimitación de las zonas vulnerables a la contaminación por nitrato en la Comunidad Foral de Navarra lo recoge la **ORDEN FORAL 128/2009, de 20 de marzo, de la Consejera de Desarrollo Rural y Medio Ambiente** estableciendo tres zonas:

- a) **Zona 1: Aluvial del Ebro en Mendavia;** Conjunto de parcelas catastrales del término municipal de Mendavia, que, según el catastro del Servicio de Riqueza Territorial del Departamento de Economía y Hacienda, estén declaradas como de Tipo I (Regadío), así como aquellas otras que constituyan un enclave en la zona de regadío de este municipio independientemente de su calificación catastral.
- b) **Zona 2: Aluvial del Ebro entre Tudela y Alagón;** Conjunto de parcelas catastrales de los términos municipales de Cabanillas, Buñuel, Fustiñana, Ribaforada y Cortes, así como el conjunto de parcelas catastrales de los polígonos 3 y 6 del término municipal de Fontellas que, según el catastro del Servicio de Riqueza Territorial del Departamento de Economía y Hacienda, estén declaradas como de Tipo I (Regadío), así como aquellas otras que constituyan un enclave en la zona de regadío de este municipio independientemente de su calificación catastral.
- c) **Zona 3: Aluvial del Cidacos entre Tafalla y Murillo el Cuende** Conjunto de parcelas catastrales del polígono 5 del término municipal de Tafalla, de los polígonos 15 y 16 del término municipal de Olite, de los polígonos 1 y 2 del término municipal de Pitillas, de los polígonos 2 y 3 del término municipal de Beire y del polígono 2 del término municipal de Murillo el Cuende que, según el catastro del Servicio de Riqueza Territorial del Departamento de Economía y Hacienda, estén declaradas como de Tipo I (Regadío), así como aquellas otras que constituyan un enclave en la zona de regadío de este municipio independientemente de su calificación catastral.



**Gráfico 8:** Zonas vulnerables a Nitrato en la comunidad de Navarra. Se concentran principalmente en la ribera del Ebro. Fuente: *Consejera de Desarrollo Rural y Medio Ambiente, 2009.*

En las zonas declaradas vulnerables en Navarra, el maíz y las crucíferas son los cultivos que proporcionan más entradas de N mineral al sistema, debido a la superficie que ocupan y a su demanda de N (datos de Coyuntura Agraria, 2005. DAGA – Gobierno de Navarra). Además, gran parte del riego de estos cultivos se realiza mediante un método poco optimizado como es el riego por inundación. Estos dos hechos hacen que sean los cultivos diana a controlar, con el fin de mejorar la calidad de los acuíferos en las zonas ya declaradas vulnerables y en las que potencialmente pueden llegar a serlo. (Irañeta et al., 2008)



**Gráfico 9.** Porcentaje de nitrógeno que recibe cada cultivo del total aportado en regadío. Fuente: *Estimación basada en datos obtenidos de Coyuntura Agraria.*

Entre las principales prácticas agrarias que afectan a la lixiviación de nitrato está la fertilización nitrogenada, de forma que una adecuada recomendación de la dosis, forma química, época y método de aplicación pueden ser de gran utilidad para minimizar el impacto de la fertilización (Addiscott et al., 1991; Ronaghi et al., 1993; Glasscock et al., 1995; Lasa et al., 1997).

A partir de la publicación de la Orden Foral 21/2005 (BON nº 23 del 23/02/2005) y modificado en la Orden Foral 59/2005 (BON nº 67 del 06/06/2005), se describen las directrices a seguir en cuestión de fertilización nitrogenada en zonas vulnerables.

Estas normas son de **obligado cumplimiento**.

**1. Obligatoriedad de llevar un cuaderno de explotación**

A partir del 1 de septiembre de 2005, los agricultores que cultiven parcelas incluidas en zonas vulnerables, deberán mantener un cuaderno de explotación en el que anotarán:

- Parcela de la explotación.
- Superficie cultivada.
- Cultivo.
- Cultivo precedente.
- Fechas de aplicación de los fertilizantes.
- Tipo de abono.
- Cantidad de fertilizante aplicado (kg/ha)
- Si se aplica fertilizante orgánico, la procedencia del mismo.

Las parcelas dedicadas a producción integrada no tienen que seguir esta dinámica si se llevan con el cuaderno de explotación de producción integrada de Navarra.

**2. Abono mineral: Dosis máxima y época de reparto en función de los cultivos.**

La cantidad máxima de fertilizantes nitrogenados minerales, según el cultivo precedente, será:

**Tabla 8:** Cantidad máxima de abono mineral permitida en maíz en función del cultivo precedente.

CULTIVO	UF/ha	FORMA DE APLICACIÓN
Maíz tras maíz	300	
Maíz tras hortícola	250	En siembra < 30% del máximo

**3. Abono orgánico: Dosis máxima.**

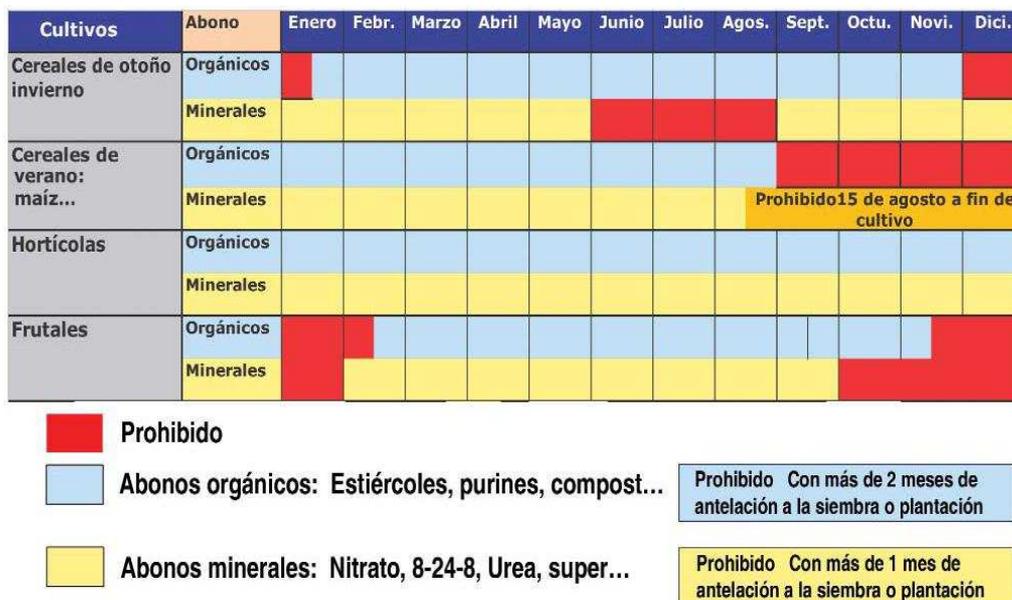
En Zonas Vulnerables la cantidad máxima aplicable por año y hectárea es de 170 kg de N para todos los cultivos.

**Tabla 9:** Composición media en nutrientes de estiércoles y purines. *Fuente: Código de buenas prácticas agrarias.*

Composición en relación al producto bruto				Dosis máxima T/ha
Especie	Kg/Tonelada			Kg de N
<b>Estiércol sólido (fiemo)</b>	<b>Nitrógeno</b>	<b>Fósforo</b>	<b>Potasio</b>	<b>170</b>
Vacuno	5	3,5	6	34
Ovino	6,5	4	10	26
Porcino	6	6	4	28
Aves	24	25	20	7
<b>Purín: Líquido</b>				
Vacuno	5	2,5	5	34
Ovino	10	10	7	17
Porcino	8,5	13	7,5	20
Aves	5	4	3	34
<b>Todos los cultivos</b>				

**4. Períodos de aplicación:**

Por una parte, existen **períodos de aportación prohibidos**.



**Gráfico 10:** Calendario de abonado para los diferentes cultivos de cultivo y para cada tipo de abono. *Fuente: Código de buenas prácticas agrícolas.*

Por otra parte durante los **períodos admitidos**, (en azul y amarillo) se añade otra **restricción**:

**En Abonos minerales nitrogenados:**

Urea, Nitrato, complejo tipo 8-24-8; no pueden aplicarse con más de un mes de antelación a la siembra o plantación del cultivo.

□ **En Abonos orgánicos:**

Estiércol, composta, purín; no pueden aplicarse con antelación superior a 2 meses de la siembra o plantación.

**Queda prohibido aplicar el fertilizante con el agua en riego por inundación.**

### 2.3.5 FERTILIZACIÓN NITROGENADA RACIONAL Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

El uso del N debe ser razonado en función de la dinámica de este elemento en el suelo, compaginando los objetivos de máxima rentabilidad económica y mínimo impacto medioambiental. Para establecer un plan de fertilización nitrogenada de un cultivo, en primer lugar debemos conocer sus necesidades, su dinámica de absorción a lo largo de su ciclo y el nitrógeno aportado por el suelo. Con esta información podremos ajustar tanto las dosis como el momento idóneo de aplicación para conseguir una buena eficiencia. De ese modo aportaremos únicamente el nitrógeno que el cultivo demande y nos ahorraremos aplicar cantidades superfluas que nos hacen gastar dinero y causan contaminación.

Los cultivos no sólo utilizan el nitrógeno que aportamos con los fertilizantes, sino que lógicamente son capaces de aprovechar el que ya está en el suelo.

Realmente en el suelo podemos encontrarnos con cantidades muy importantes de nitrógeno disponibles para el cultivo.

Los cultivos son capaces de absorber únicamente el que se encuentra en forma amoniacal o nítrica. A estas dos formas de nitrógeno les llamamos nitrógeno mineral y son generalmente las que aportan los abonos minerales.

El análisis del Nitrógeno Mineral que hay en el suelo (NMIN) nos permite conocer la cantidad de nitrógeno mineral, nítrico y amoniacal, disponible para el cultivo en el momento en el que se realiza el muestreo. Este análisis NMIN aporta mucha información, pero es como una fotografía fija en un momento concreto. Ese nitrógeno medido puede perderse si no se utiliza rápidamente por el cultivo y la lluvia o el riego lo arrastran, pero también puede aumentar si la materia orgánica va aportando más en su descomposición (mineralización). Por tal motivo, esta medición constituye una ayuda pero no la solución única y definitiva.

En la realidad, y de un modo práctico, el análisis NMIN nos permite, al menos, tener una idea clara del punto de partida del suelo, saber si partimos de un suelo con pocas o muchas reservas de nitrógeno para el cultivo, lo que nos permitirá planificar la fertilización con mayor precisión y seguridad.

Especialmente práctico será este análisis en el caso de suelos con niveles altos de NMIN, en los que nos podremos permitir el ahorro significativo de fertilizantes minerales, como se ha demostrado en los ensayos realizados por el ITGA. [Irañeta et al., (2002)].

Las posibles estrategias para mitigar la contaminación de las aguas por nitrato y las emisiones de gases nitrogenados a la atmósfera, se basan fundamentalmente en ajustar el aporte de fertilizante a la demanda del cultivo. Así, las estrategias que favorezcan una mayor eficiencia en la asimilación del N por el cultivo reducirían la cantidad que podría ser potencialmente lixiviado a los acuíferos o emitido a la atmósfera. Esto se podría conseguir, siempre que fuera factible, mediante

- 1) la adopción de prácticas de mínimo laboreo que reduzcan la tasa de mineralización de la materia orgánica del suelo,
- 2) la rotación de cultivos y el uso de cultivos intercalares que reciclaran el N más eficientemente,
- 3) una estrategia de fertilización flexible (cantidad, fraccionamiento) basada en la producción estimada mediante modelos que incorporen la predicción de la precipitación para la época de crecimiento del cultivo,
- 4) el desarrollo de fertilizantes o productos asequibles económicamente que reduzcan la nitrificación o aumenten la retención del nitrógeno en la zona radicular,
- 5) el aumento de la demanda de N por la planta mediante la abolición de los impedimentos al desarrollo de las raíces,

- 6) el desarrollo de nuevos cultivares de plantas que aumenten la captura de agua y nutrientes,
- 7) el desarrollo de sistemas de apoyo a la decisión de la fertilización basados en información sobre el cultivo y el suelo y que pueda ser adquirida rápidamente y de forma barata, y
- 8) la agricultura de precisión con tecnología que facilite la aplicación de dosis variables de semillas y fertilizantes según las necesidades (Carmen González et al)

### EFICIENCIA ENERGÉTICA:

Los principales consumidores de energía en la agricultura moderna son la mecanización, los fertilizantes inorgánicos que representa alrededor del 45% (entre el 84% en el Oriente y el 26% en Oceanía) y, en menor medida, el riego y los pesticidas.



**Gráfico 11.** Consumos energéticos de la producción agrícola. (Fuente: McLaughlin y col., 2000)

Los fertilizantes nitrogenados suponen ellos solos más de la mitad del coste energético de los cultivos cuya producción depende casi exclusivamente de fuentes de energía no renovables y de ahí la importancia de hacer un uso eficiente de ellos en cualquier Programa de Ahorro y Eficiencia Energética.

Los cultivos donde se ha de intensificar las acciones de Ahorro y Uso Eficiente de los fertilizantes minerales nitrogenados debieran ser principalmente los cultivos de regadío, por la intensidad de uso del nitrógeno. Este es el caso del maíz, la fruticultura y la horticultura intensiva.

Se considera que la fijación biológica del nitrógeno (FBN) es una de las alternativas más viables para incorporar nitrógeno en el ecosistema (Kimball, 1980). Se ha estimado que 175 millones de toneladas/año se fijan biológicamente, del cual el 70% va al suelo y de éste, el 50% proviene de asociaciones nodulares como las causadas por *Rhizobium* (Burity y col., 1989).

La introducción de leguminosas o de los barbechos en los sistemas de producción de monocultivo cerealistas permite ahorros de nitrógeno del orden de 5 kg por tonelada de cosecha de grano de cereal, lo que puede traducirse a 250 MJ de ahorro energético por tonelada de grano producido.

El uso racional y eficiente de los fertilizantes nitrogenados viene determinado por los tres aspectos fundamentales que se desarrollan a continuación: dosis total, momentos de su aplicación y selección de los tipos.

### 1º-Dosis de nitrógeno total a aportar a los cultivos.

Para calcular las necesidades de nitrógeno por los cultivos se considera el potencial productivo de la parcela en base a su historial y el coeficiente de extracción del cultivo, que puede ser estudiado en cada zona climática o bien utilizar referencias existentes.

### 2º-Momentos de aporte del nitrógeno

El nitrógeno, al tratarse de un elemento susceptible de sufrir importantes pérdidas en suelo por lixiviación, volatilización o desnitrificación, mejora su eficiencia en función de cómo se ajuste el periodo de aporte al de necesidades del cultivo. De modo que un correcto reparto mejora su eficiencia y en consecuencia se reduce la dosis necesaria.



**Gráfico 12:** Curva de absorción de nitrógeno por maíz en regadío. Fuente: ARVALIS

En el caso del maíz de regadío, la absorción se produce principalmente en el periodo de cultivo entre ocho hojas y floración femenina. Se trata por tanto de un cultivo de altas necesidades en un periodo muy breve. Dependiendo del tipo de riego, la aportación principal se realizará en un único aporte en riego por gravedad o inundación, mientras que la aspersión permite fraccionar este aporte en dos o tres veces y aplicarlo en fertirrigación.

### 3º-Tipos de nitrógeno

Por una parte están los Fertilizantes Nitrogenados de Liberación Lenta que, utilizando distintas estrategias, pretenden que las formas de nitrógeno asimilables por las plantas se liberen lentamente de forma que se minimicen las pérdidas. Las estrategias en las que suelen basarse estos fertilizantes son: o bien las formas activas están envueltas en un material que se disuelve poco a poco con la humedad del suelo (abonos recubiertos) o bien las formas activas están unidas a polímeros que disminuyen la solubilidad de las mismas (urea-formaldehído).

Por otra parte están los Fertilizantes Estabilizados, que se basan en que algunas formas de nitrógeno van acompañadas de moléculas inhibitoras de procesos de transformación del nitrógeno en el suelo.

**La Eficiencia en el Uso del Nitrógeno procedente del Abono (EUN)** nos permite conocer cual ha sido el grado de aprovechamiento por parte de la planta del Nitrógeno aportado mediante el abonado. El **EUN del abonado** es el resultado de restarle a la cantidad de Nitrógeno extraída por el tratamiento a estudiar la cantidad extraída por el Tratamiento Testigo (Dosis de Nitrógeno 0) y dividirlo entre la dosis de Nitrógeno aportada al tratamiento a estudiar.

Cuanto mayor sea la cantidad de N residual en el suelo procedente de la campaña anterior mayor será la producción del tratamiento Testigo (abonado 0). Lo que nos permite intuir que con una menor dosis de abonado nitrogenado obtendremos una mayor producción.

## 2.4 HERRAMIENTAS DE RACIONALIZACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA

Algunas Herramientas de Ayuda a la Decisión en el Uso del Nitrógeno van poniéndose a punto, basándose en criterios sencillos y más aplicables, como son los análisis del nitrógeno mineral disponible en el suelo o las medidas del estado nutricional de los cultivos (lectores de clorofilas).

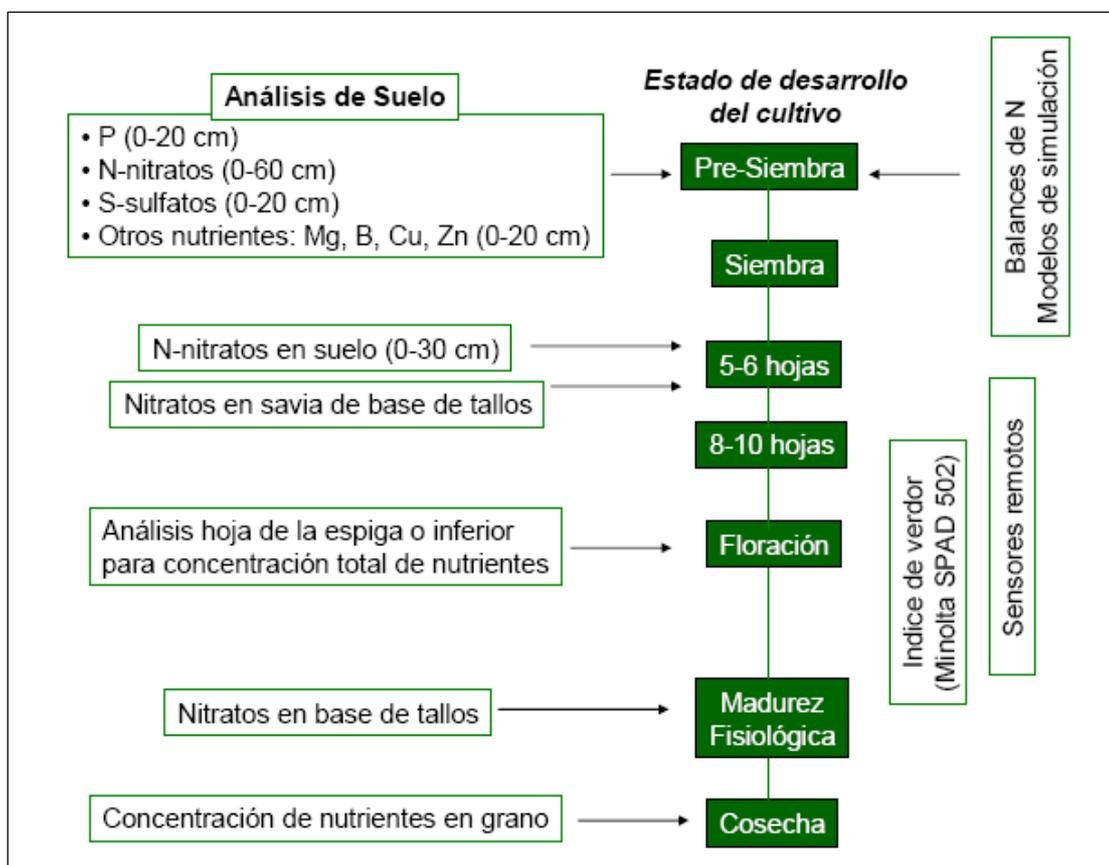
El método de los Balances pretende simplificar los factores que intervienen en el ciclo del nitrógeno en el suelo y la planta, para ayudar al agricultor a tomar la mejor decisión posible.

También la Agricultura de Precisión ofrece la posibilidad de racionalizar el nitrógeno, bien por la vía de la precisión en el reparto o mediante la utilización de modelos complejos de decisión aplicados de modo automático.

Un aspecto fundamental es el uso apropiado de las Abonadoras, su calibración, su mantenimiento, etc.

Por último, la Fertirrigación y el uso eficiente del agua de riego permiten mejorar la eficiencia en el uso del nitrógeno.

Metodologías disponibles para evaluar la nutrición del cultivo de maíz desde pre-siembra a cosecha.



**Gráfico 13:** Diferentes métodos y momentos de utilización para el análisis nutricional del maíz. (Fernando O. García, “Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz”, Argentina 2005).

### 2.4.1 Análisis del Nmin existente en suelo. Análisis del Nmin.

Los cultivos no sólo utilizan el nitrógeno que se aporta con los fertilizantes, sino que lógicamente son capaces de aprovechar el que ya está en el suelo. Sin embargo, la mayor parte del nitrógeno que se encuentra en el suelo está en forma orgánica. Para que sea aprovechable debe transformarse a forma mineral. Este proceso se llama mineralización y generalmente es muy lento.

El análisis del nitrógeno mineral en el suelo (NMIN) permite conocer la cantidad de nitrógeno mineral, nítrico y amoniacal disponible para el cultivo en el momento en el que se realiza el muestreo.

Aunque este análisis de suelo puede hacerse en distintos momentos a lo largo del cultivo, el más interesante es el análisis en un momento anterior al abonado. Este análisis NMIN aporta mucha información, pero es como una fotografía fija en un momento concreto. El nitrógeno medido puede perderse si no se utiliza rápidamente por el cultivo y si la lluvia o el riego lo arrastran, pero también puede aumentar si la materia orgánica va aportando más en su descomposición (mineralización). Por tal motivo esta medición es una ayuda pero no la solución única y definitiva.

Realmente, y de un modo práctico, el análisis NMIN permite, al menos, tener una idea clara del punto de partida del suelo. Saber si se parte de un suelo con pocas o muchas reservas de nitrógeno para el cultivo, lo que permitirá planificar la fertilización con mayor precisión, racionalidad y seguridad.

Especialmente práctico será este análisis en el caso de suelos con niveles altos de NMIN, en los que se puede conseguir un ahorro significativo de fertilizantes minerales (Irañeta y col., 2002).

### 2.4.2 Análisis foliar.

Entre las utilidades del análisis de tejidos, Reuter y Robinson (1986) enumeran el diagnóstico, la predicción de la deficiencia de nutrientes, la monitorización de la efectividad de la estrategia de fertilización, la determinación de las cantidades de los minerales clave retirados por los cultivos con el fin de reemplazarlos, etc. Por lo tanto el análisis foliar constituye una metodología para evaluar la nutrición del cultivo ya que integra todos los factores de suelo, ambiente y manejo. Puede ser considerada tanto para la corrección inmediata de deficiencias como también para evaluar los resultados del manejo de la nutrición.

### 2.4.3 Análisis del jugo de la base del tallo.

Por medio del análisis del jugo de la base del tallo se pueden deducir tanto el estado nutricional de la planta como la disponibilidad de nitrato en el suelo (Laurent *et al.*, 1996). El jugo de la base del tallo es un extracto acuoso de varios todos los tejidos constitutivos del mismo. La medida del contenido de nitrato en la base del tallo representa el stock de iones nitrato presentes en la planta y no el flujo instantáneo de absorción. Por lo tanto esta medida es útil para diagnosticar la aparición de una deficiencia de nitrógeno en la planta, aunque no es de gran sensibilidad y no se puede utilizar sino para distinguir a *grosso modo* el déficit de N. En este sentido Laurent *et al.* (1996) indican que el indicador mejor adaptado para medir la carencia de N es el índice de nutrición nitrogenada (INN).

#### 2.4.4 Índice de nutrición nitrogenada.

El índice de nutrición nitrogenada (INN) cuantifica el estado nutricional nitrogenado de un cultivo y representa el cociente entre el contenido de N total de la materia seca aérea y el contenido crítico de N para un crecimiento no limitado, éste último definido en la curva de dilución. Valores superiores e inferiores al contenido crítico de N indicarían un consumo de lujo y una carencia nutricional respectivamente.

La curva del índice de nutrición nitrogenada permite la detección de carencias nutricionales del maíz y su corrección mediante aportes de N.

#### 2.4.5 Medidores de clorofila.

Es conocido que el estado nutricional nitrogenado de un cultivo está relacionado con el contenido de clorofilas en las hojas, de modo que un cultivo deficitario en nitrógeno, en un momento dado, presenta un color verde menos intenso que un cultivo cuyas necesidades nitrogenadas están satisfechas.

Los medidores de clorofilas manuales más usados son el N-Tester<sup>®</sup>(Yara) y el SPAD-502<sup>®</sup>(Minolta). Ambos medidores son portátiles y miden la luz transmitida por una hoja de una planta a dos longitudes de onda (650 nm y 949 nm). El registro de esta medida y el registro cuando no existe muestra son procesados por el equipo para dar un valor que es el que se debe interpretar. Este valor es diferente según se utilice un equipo u otro pero existen experimentos previos que los relacionan con una alta correlación. La posibilidad de detectar deficiencias de nitrógeno en zonas húmedas o regadíos mediante el uso de medidores de clorofilas y de poder corregirlas con aportes tardíos de nitrógeno se ha valorado positivamente para trigo y maíz, siendo necesario evaluarlo para otros cultivos (Lasa y col., 2005; Ortúzar-Iragorri y col., 2005; Arregui y col., 2006).

Sin embargo, es necesario tener presente que el resultado final va a depender de las precipitaciones que se registren al final del periodo de cultivo o de la posibilidad de regar en esos momentos. Con el uso de estos equipos se pueden evitar aportaciones innecesarias de nitrógeno en tercera cobertera.

**3. OBJETIVOS**

- 3.1.** Conocer el N<sub>min</sub> inicial del suelo antes de siembra.
- 3.2.** Estudiar la dinámica del N<sub>min</sub> en el suelo por horizonte.
- 3.3.** Cuantificar la contribución del N amoniacal al N<sub>min</sub> total del suelo durante el ciclo del cultivo.
- 3.4.** Evaluar el efecto de las dosis crecientes de N en la síntesis de biomasa y en la extracción de Nitrógeno.
- 3.5.** Estimar el Balance de Nitrógeno y los Índices de Eficiencia de abonado.
- 3.6.** Modelizar el flujo del nitrógeno en el medio suelo-planta, a lo largo del ciclo vegetativo del cultivo, para cuantificar la contribución del suelo a la nutrición nitrogenada de la planta.
- 3.7.** Cuantificar las dosis de N extraídos por el maíz.

## 4. MATERIAL Y MÉTODOS

### 4.1 LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO

El ensayo está ubicado en la finca de experimentación que el ITG Agrícola tiene en el término municipal de Cadreita.



**Gráfico 14:** Localización geográfica de Cadreita. *Fuente: Elaboración propia.*

4.2 DISEÑO EXPERIMENTAL.

Es un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones en el que el único factor fue la dosis de abonado nitrogenado. Las dimensiones de cada parcela elemental eran de 5 x 10 m<sup>2</sup>. En cada bloque se ensayaron 8 tratamientos distintos de los que, para la elaboración de este trabajo, se muestrearon las más interesantes que fueron 3 (T=0, Testigo sin cultivo; T=1, Testigo con cultivo; y T=5, Dosis Recomendada).

Para el Tratamiento 0 se aprovechó 1/3 de la parcela 206 (testigo cultivo) al que se eliminaron las plantas y así optimizar la superficie cultivada.

Los tres tratamientos a estudiar tenían por objeto establecer el movimiento del N<sub>min</sub> en el suelo durante el ciclo del cultivo. Además permite conocer en qué momentos del ciclo son mayores las necesidades de Nitrógeno.

En el gráfico nº7 se representa la distribución de los tratamientos y en la gráfico nº8 se representa la dosis y reparto de fertilizante.

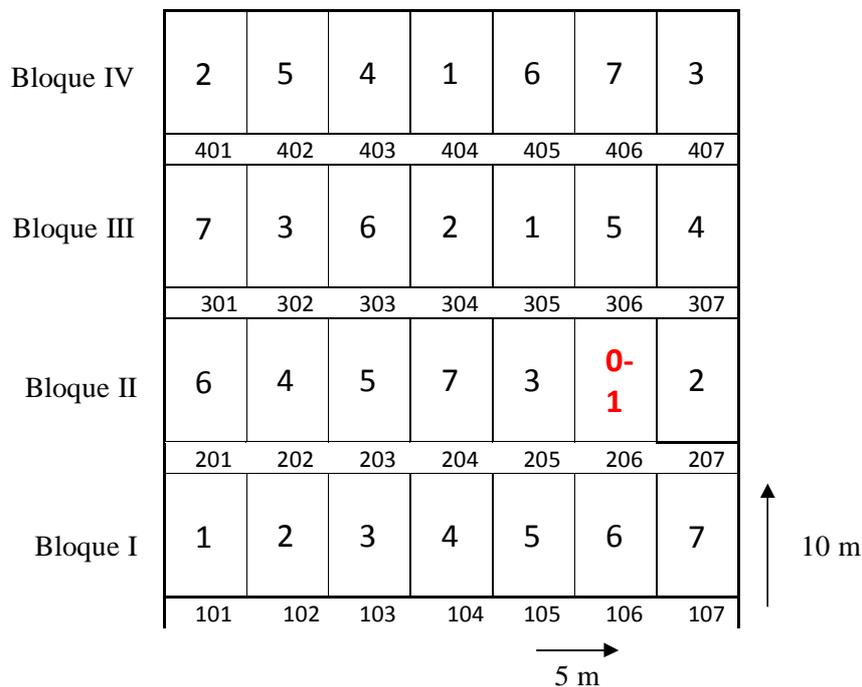


Gráfico 15: Distribución espacial de los tratamientos en el ensayo.

Tabla 10: Dosis de N (kg/ha) del ensayo.

Tratamiento	N total	Fondo	Cobertera
0	0	0	0
1	0	0	0
2	75	0	75
3	150	0	150
4	225	0	225
5	300	0	300
6	375	0	375
7	225	40	185

### 4.3 MATERIAL VEGETAL

La variedad sembrada ha sido PR32W86 de la casa comercial Pioneer que tiene las siguientes características:

Híbrido de doble aptitud grano-ensilado. Buen vigor de nascencia que permite un crecimiento de la planta muy rápido. Alcanza gran altura con floración muy temprana. Presenta un tallo muy consistente con buen verdor a madurez, una mazorca de inserción media, rematada por un característico penacho de coloración clara y un grano d alto peso específico.



**Gráfico 16:** Imagen comercial variedad Pioneer PR32W86

Varietal transgénica de maíz cuyas principales características son:

- Ciclo FAO-700
- Excepcional capacidad de producción.
- Grado de humedad propio de un ciclo más corto (1,5% menos).
- Doble aptitud grano-ensilado que ofrece más posibilidades.
- Buen vigor de nascencia que permite un rápido establecimiento de cultivo.
- Tallo muy resistente con buen verdor a madurez.
- Grano profundo de gran vitrosidad y alto peso específico.

Según el estudio realizado durante los años 2005 y 2006 por el GENVCE (*Grupo para la Evaluación de Nuevas Variedades de Cultivos Extensivos en España*), organismo perteneciente al Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, consideran a esta variedad transgénica como la que mejor adaptabilidad relativa tiene en los ambientes más productivos, menor humedad y mayor altura de planta.

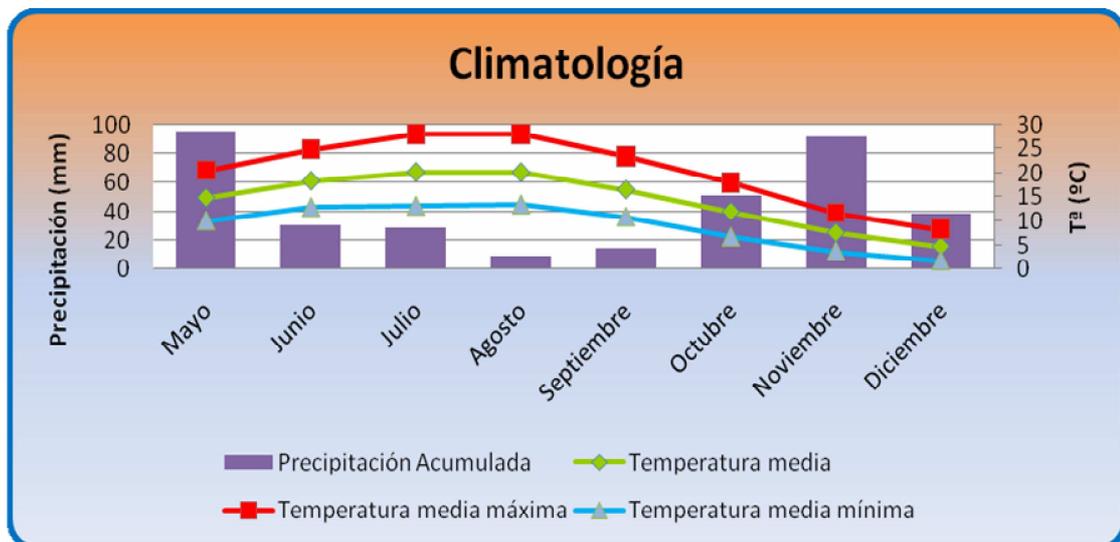
#### 4.4 CLIMATOLOGÍA DE LA CAMPAÑA.

Tras un invierno y un comienzo de primavera secos que permitieron preparar las tierras cómodamente, la siembra se inició a mediados de abril en las zonas más al sur de la Comunidad, sin embargo, el día 10 de mayo se registraron en la mayoría de los observatorios meteorológicos una precipitación superior a los 30 l/m<sup>2</sup> que hizo temer por la implantación del cultivo en muchas parcelas. Sin embargo, mayo continuó siendo lluvioso, registrándose en el observatorio de Cadreita una precipitación total de 120 l/m<sup>2</sup> con más de 20 días de lluvia. Estas circunstancias, en general, propiciaron una buena implantación del cultivo y un retraso en las fechas de siembra habituales.

Respecto a la temperatura, nos encontramos ante otro año que podemos calificar como fresco, con un mes de mayo más frío que la media, pero que no tuvo una incidencia muy negativa en la nascencia e implantación del cultivo. Sin embargo, si que estas condiciones retrasaron las siembras de maíz en segunda cosecha. El verano fue fresco, con una integral térmica que es de las más bajas de los últimos años, circunstancia que provocó retraso en el ciclo del cultivo, pero que favoreció a la fertilidad de las espigas. El desarrollo vegetativo fue bueno, alcanzándose alturas de planta normales. La fase fértil también tuvo lugar en la época habitual en la zona.

En otoño aparecen heladas bastante tempranas pero sin repercusión.

Respecto a plagas y/o enfermedades, los ataques de taladro se pueden considerar casi inexistentes en ésta campaña, no se destacan otras plagas de relevancia. La incidencia de enfermedades no es importante.



**Gráfico 17:** Climatología de la campaña finca Cadreita con temperaturas medias normales. Fuente: Datos ITG Agrícola: estación meteorológica Cadreita (2008). Elaboración propia.

4.5 CARACTERÍSTICAS EDAFOLÓGICAS DE LA PARCELA.

Tabla 11: Análisis fisicoquímico de la parcela del ensayo. Fuente: ITGA Cadreita

Análisis físico	Horizonte			
	A=0-30cm	B=30-60cm	C=60-90cm	D=90-120cm
Humedad	0,87	0,85	0,63	0,65
Arena Gruesa (2-0.2 mm)	2,69	4,78	3,70	2,60
Arena Media (0.2-0.1 mm)	6,78	7,58	13,76	10,82
Arena Fina (0.1-0.05 mm)	11,86	15,27	17,35	16,33
Limos gruesos (0.05-0.02)	24,17	22,18	21,00	23,56
Limos finos (0.02-0.002)	36,35	32,23	28,64	31,05
Arcillas (<0.002 mm)	18,16	17,95	15,55	15,65
<b>Análisis químico</b>				
Mat._ Orgánica oxidable	1,73	1,47	0,84	0,78
ppm P Olsen	40,66	35,29	22,78	22,09
ppm K Acetato amónico	543,06	381,91	212,95	200,51
Nitrógeno Total	0,12	0,10	0,07	0,07
Relación C/N	8,12	8,21	6,60	6,63
Carbonatos Totales	33,86	33,67	35,48	35,57
Caliza activa	7,23	7,25	6,44	5,95
pH agua (1:2,5)	8,30	8,29	8,34	8,32
pH KCl 1M (1:2,5)	7,61	7,63	7,65	7,64
C.E. (1:1)	0,82	0,88	0,80	0,93
Mg asimilable (mg Mg/kg)	170,75	175,45	160,19	178,82

Suelo equilibrado que, en principio, contiene la suficiente proporción de arcilla como para ser capaz de impedir el lavado de nutrientes así como la percolación de agua. Al mismo tiempo contiene la proporción de arena suficiente como para permitir un buen drenaje y aireación.

El análisis físico de la parcela:

Arena: 28,38

Limo: 54,79

Arcilla: 16,83

Según la clasificación USDA (Departamento de Agricultura norteamericano) el suelo tiene una textura: FRANCO-LIMOSA

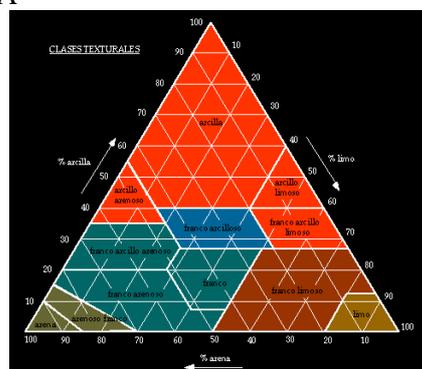


Grafico 18: Triangulo de clasificación edáfica del suelo según la clasificación USDA.

La humedad a la capacidad de campo para este suelo viene dada por la siguiente expresión:

$$Cc = 0,48 Ac + 0,162 L + 0,023 Ar + 2,62$$

Donde:

Cc= humedad a la capacidad de campo, expresada en porcentaje de peso de suelo seco

Ac= Contenido en arcilla expresado en porcentaje de peso de suelo seco

L= Contenido en limo expresado en porcentaje de peso de suelo seco.

**Documentación:** <http://www.inea.uva.es>

Para el caso de nuestro suelo:

**Tabla 12:** Cálculo de la capacidad de campo de la parcela a partir de los porcentajes de arena, limo y arcillas que contiene.

Análisis físico	Horizonte				Promedio
	A=0-30cm	B=30-60cm	C=60-90cm	D=90-120cm	
Arena	21,33	27,64	34,80	29,75	<b>28,38</b>
Limos	60,51	54,42	49,64	54,60	<b>54,79</b>
Arcillas	18,16	17,95	15,55	15,65	<b>16,83</b>

$$Cc = 20,23\%$$

La capacidad de campo es un valor aproximado del contenido de agua del suelo y que utilizaremos como valor de referencia para saber si el maíz ha sufrido en algún momento de su ciclo estrés hídrico.

#### 4.6 OPERACIONES DE CULTIVO

A continuación se describen las operaciones desarrolladas durante el cultivo cronológicamente:

**Siembra:**

Siembra realizada con sembradora de precisión con una densidad de siembra de 70 cm entre líneas y 20 cm entre golpes, 71.428 sem/ha.

Aplicación de herbicida preemergencia S metacloro 96% 1,25 L/ha + Terbutilazina 50% 2L/ha. También se aplicó herbicida tras la siembra con Clorpirifos 5%, 12Kg/ha.

Establecimiento de las parcelas del ensayo en campo según gráfico 7 y dosis de abonado según gráfico 8.

Realización del primer muestreo en campo.

**Riego:**

El tipo de riego que se llevó a cabo durante el cultivo fue de superficie, también llamado a manto.

Se previeron 8 riegos inicialmente pero debido a la climatología de la campaña solo se llevaron a cabo 4.

**Labores durante el cultivo:**

Estas labores son de conservación de la parcela libre de flora adventicia. Se realiza la operación durante el cultivo de forma mecánica manual con la ayuda de una azada. Esta labor es más importante durante los primeros estadios del maíz ya que la competencia por los nutrientes del suelo es mayor. Una vez desarrollado el cultivo la misma planta asfixia a su competencia.

**Recolección:**

La cosecha se lleva a cabo el 17 de diciembre del 2008 mediante cosechadora de microparcels, dado que tiene sistema de pesado y recogida de datos. Se cosechan todas las parcelas.

#### 4.7 TOMA DE MUESTRAS:

##### 4.7.1 Muestras de suelo:

Los muestreos de suelo fueron realizados para conocer la cantidad de nitrógeno mineral (nitrato + amoniacal) (N<sub>min</sub>) existente en el suelo antes, durante y después del cultivo.

Los muestreos se realizaron con una periodicidad semanal durante todo el ciclo del cultivo. Además de un muestreo inicial para conocer el estado nutricional de la parcela y otro muestreo final para conocer el N postcosecha.

Las muestras que se tomaron fueron 1 por parcela a estudiar, es decir, testigo desnudo, testigo cultivo y dosis recomendada y 1 muestra por horizonte. Para que la muestra fuera homogénea y representativa se procedió a realizar 9 perforaciones por parcela y de cada agujero se extraían 2 zanahorias por horizonte (0-30cm, 30-60 cm y 60-90 cm). Entendiendo como zanahoria el cilindro de tierra que queda retenido en la punta de la barrena de muestreo. Con las 54 zanahorias agrupadas por horizonte en 3 recipientes se mezclaron y se obtuvieron 3 muestras representativas de cada parcela que se guardaban refrigeradas y se llevaban al laboratorio a analizar el mismo día o como muy tarde al día siguiente para evitar la volatilización del Nitrógeno amoniacal.

Las variables que se midieron en laboratorio fueron:

1. Humedad
2. N-Nitrato
3. N-Amoniacal

##### 4.7.2 Muestras de biomasa:

Las muestras de biomasa se recogieron instantes antes de la recolección. Se tomó como muestra dos líneas de cultivo de un metro de longitud cortadas a ras de suelo. Se recogían en bolsas de

papel y se procedió a su pesado por separado de grano, zuro, hojas y tallo. Se enviaron al laboratorio de donde se procedió a su análisis.

Las variables que se midieron en laboratorio fueron:

1. Humedad de las muestras
2. Peso fresco.
3. Peso seco
4. Materia Seca %
5. N-Total %
6. Índice de cosecha.

#### 4.8 ANÁLISIS DE MUESTRAS

Las muestras de suelo fueron analizadas en el laboratorio de NASERSA, situado en Villava. El análisis nos determinó el contenido de Humedad y de Nitrógeno en forma amoniacal y Nitrógeno en forma Nítrica.

Las muestras de biomasa fueron analizadas también por el laboratorio de NASERSA. El análisis nos determinó la materia seca, el contenido de Nitrógeno Total de cada parte de la planta y la producción de cada parcela.

#### 4.9 ANÁLISIS DE DATOS

Se ha utilizado el paquete informático SPSS 11.5 para elaborar el análisis estadístico de los resultados.

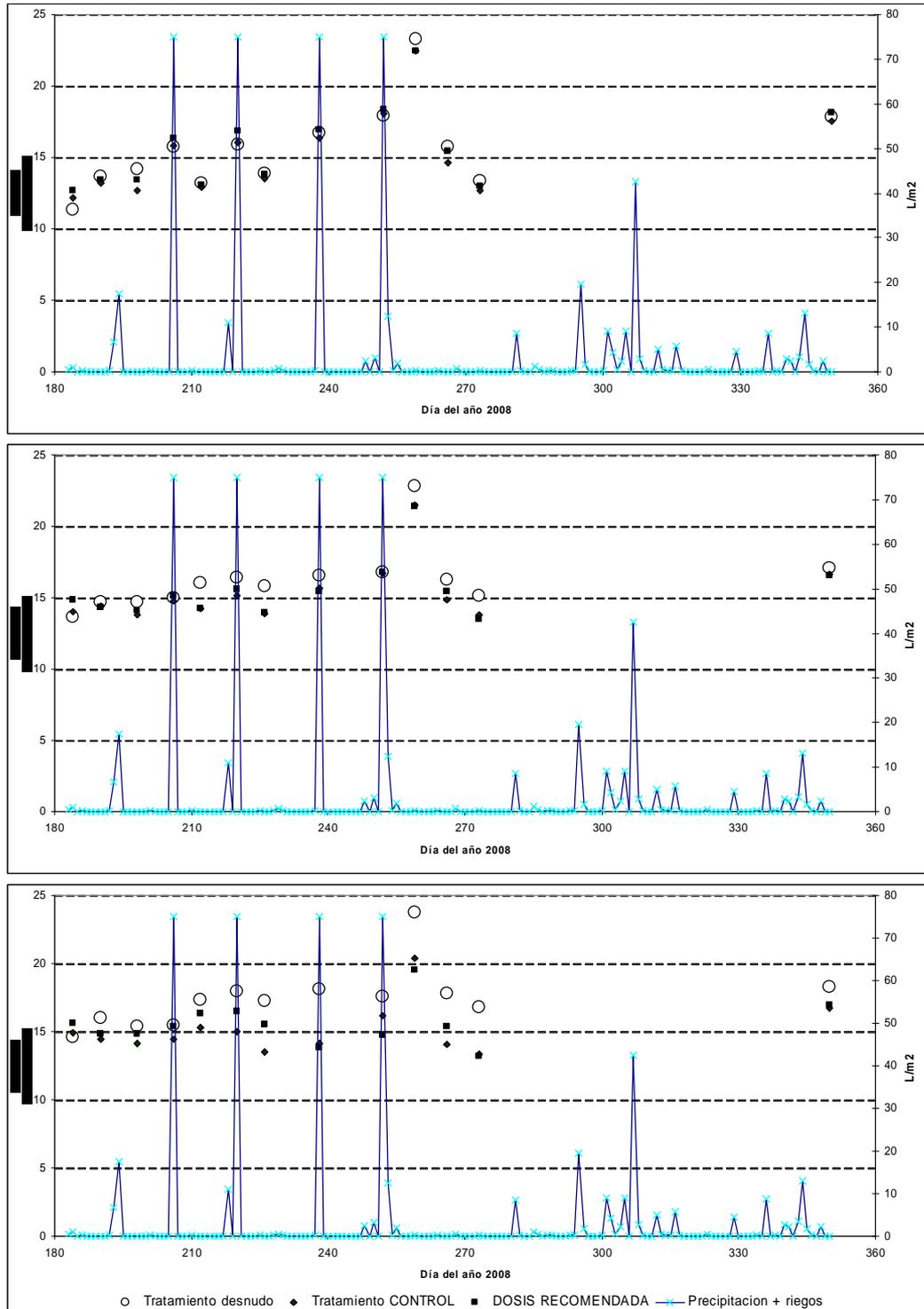
Se realizó un ANOVA para las variables estudiadas y su posterior separación de medias según el test de Student-Newman-Keuls<sup>a</sup> con un nivel de significación del 0.05. **Anejos 1 y 2.**

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

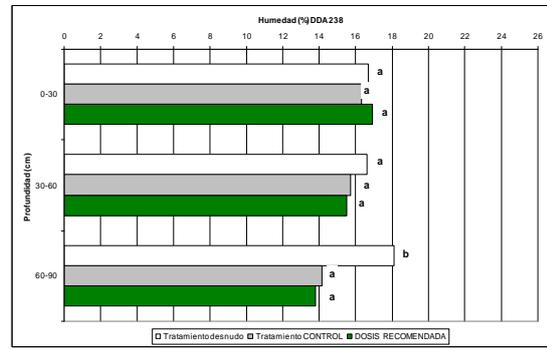
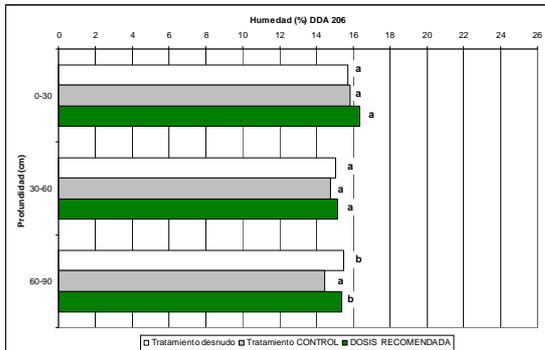
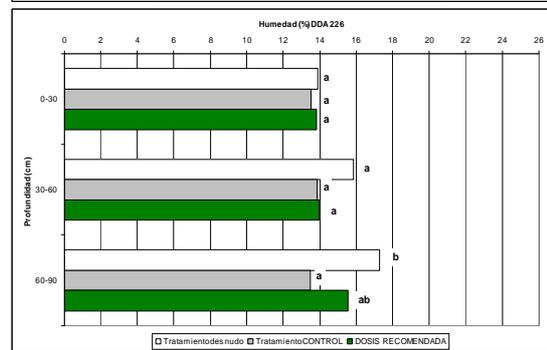
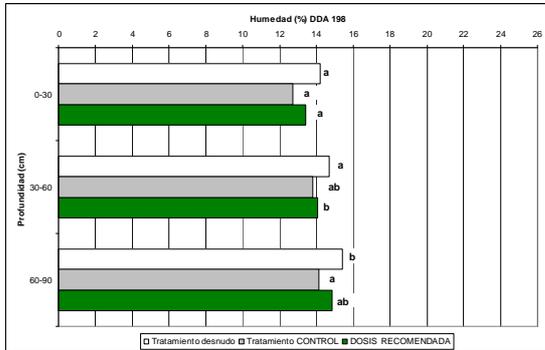
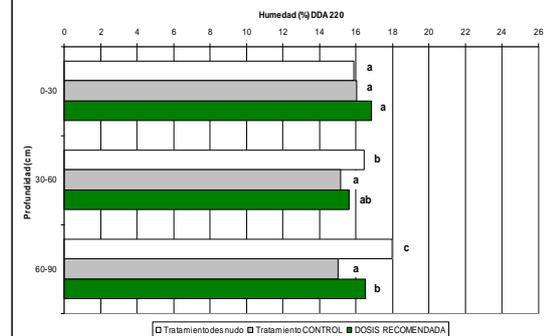
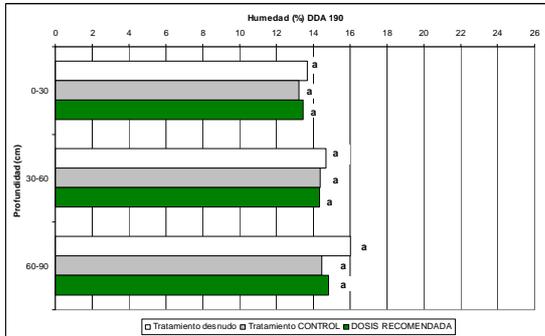
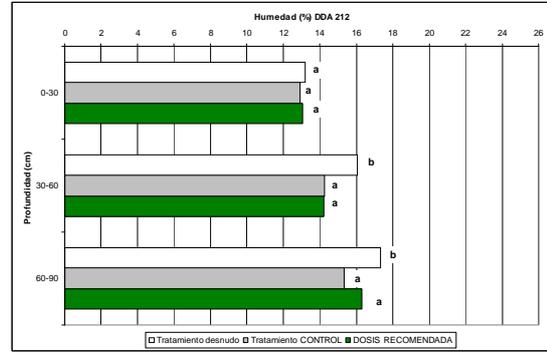
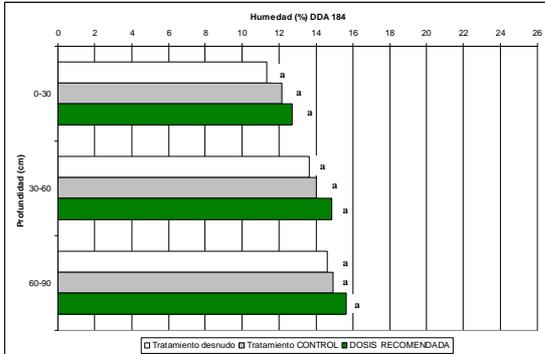
### 5.1 EVOLUCIÓN EN EL SUELO:

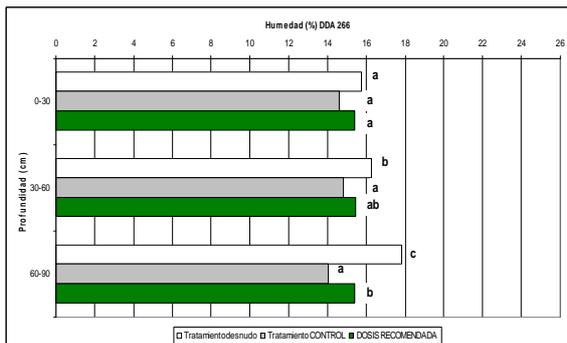
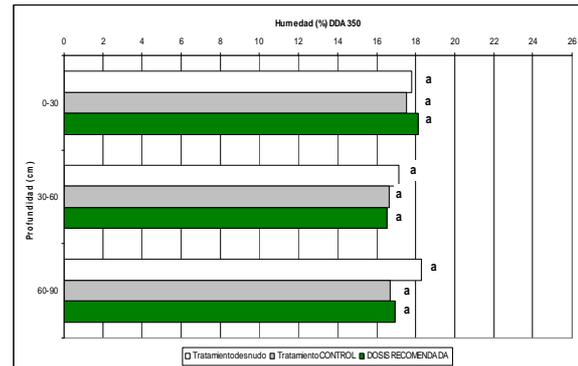
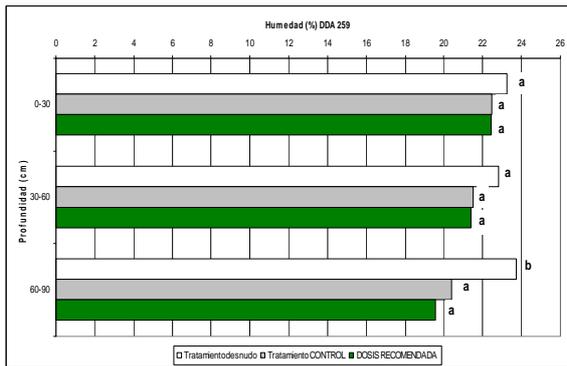
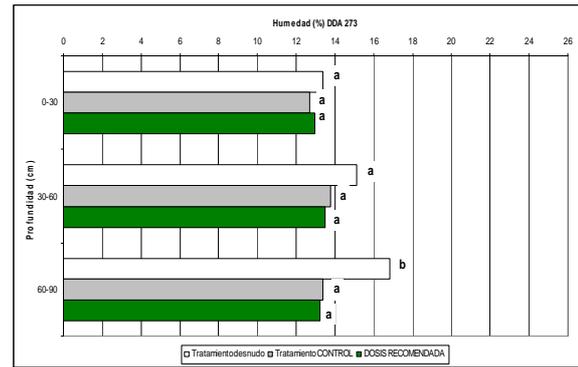
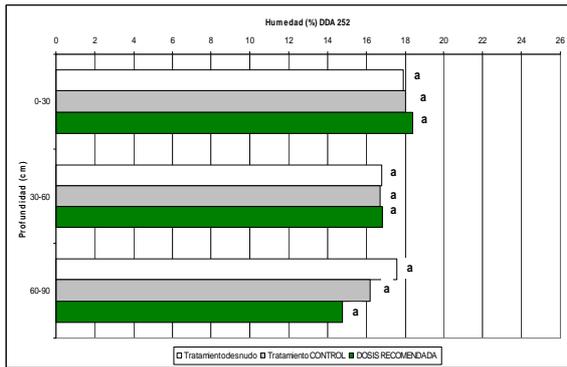
#### 5.1.1 Evolución del contenido de Humedad:

**Figura 1. Aportes de agua y evolución de la HUMEDAD del suelo durante el ensayo en los horizontes A=0-30 cm, B=30-60 cm y C=60-90 cm**



Perfiles de HUMEDAD del suelo en los tratamientos Testigo sin cultivo, Testigo con cultivo y Dosis recomendada en los diferentes días del año (DDA) muestreados. Distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas.





Cabe destacar que en las parcelas sin cultivo se aprecia una tendencia a aumentar la humedad en el horizonte más profundo

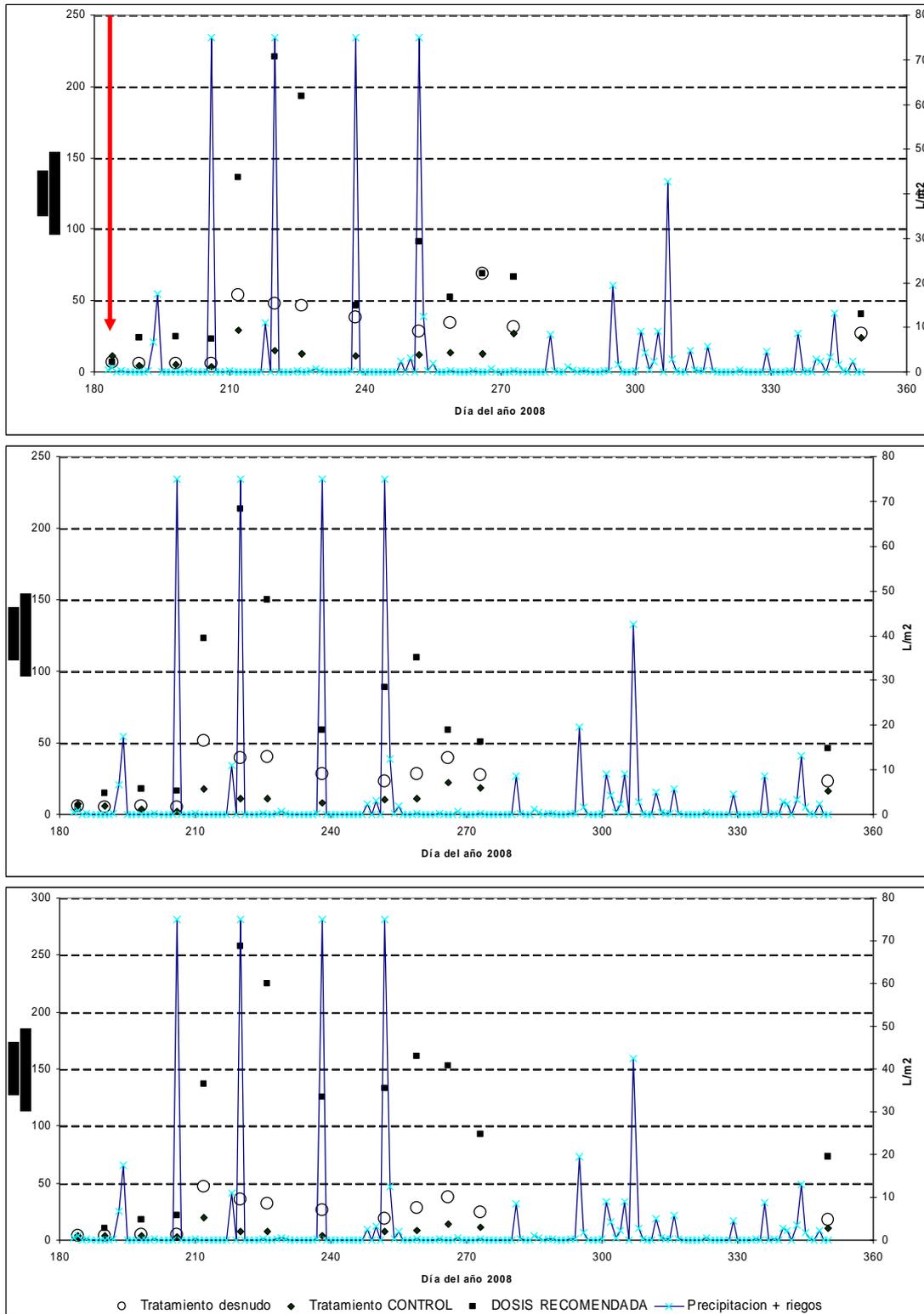
La humedad en el suelo es un factor que hemos medido a lo largo del cultivo y que se ha mantenido constante a lo largo del ciclo vegetativo de la planta. Esto nos indica que la planta durante todo el ciclo no ha sufrido estrés radicular en ningún momento.

Se pueden observar valores muy altos que han sido obtenidos en momentos posteriores al riego y momentos de menor concentración que son los días previos al riego.

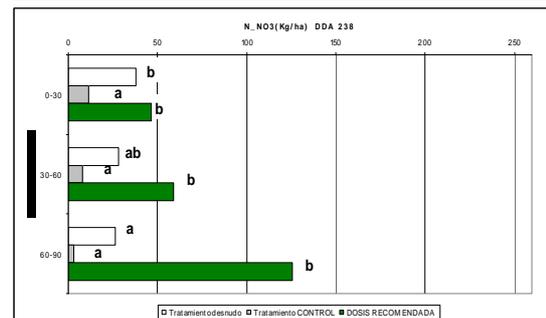
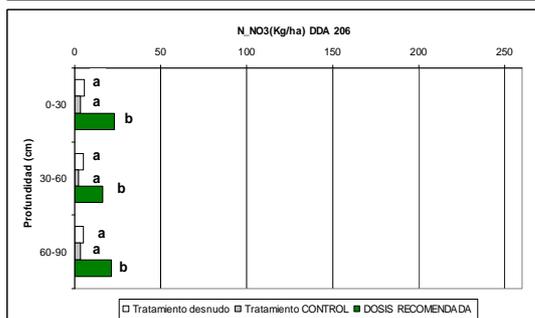
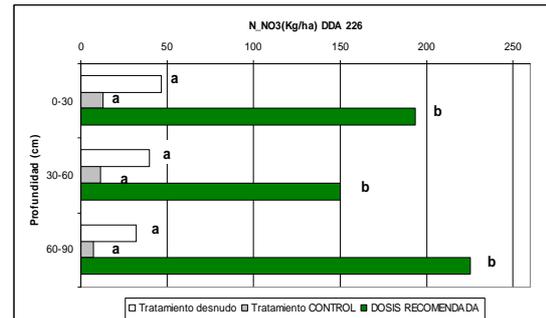
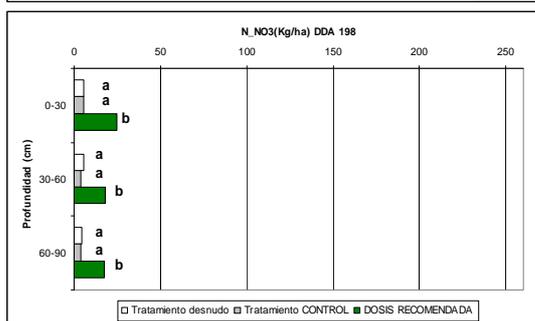
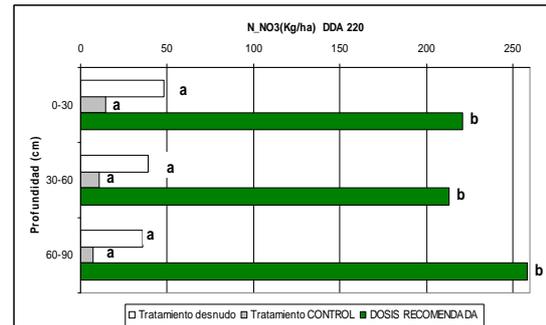
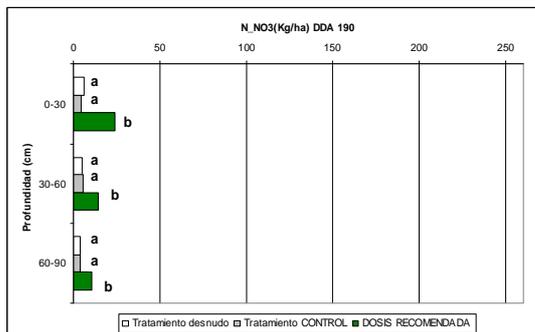
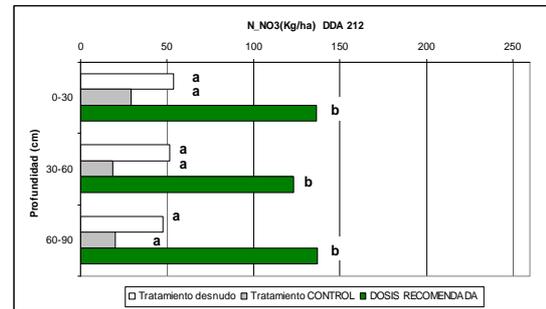
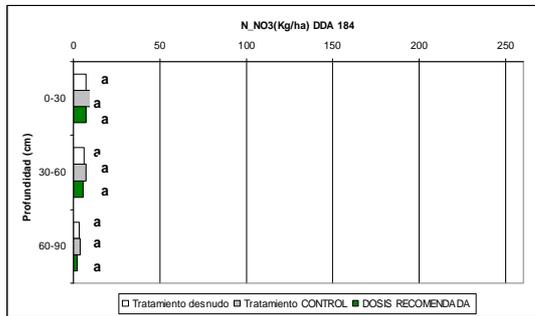
En ningún momento las plantas sufrieron estrés hídrico manteniéndose siempre en unos valores próximos a  $CC=20\%$ .

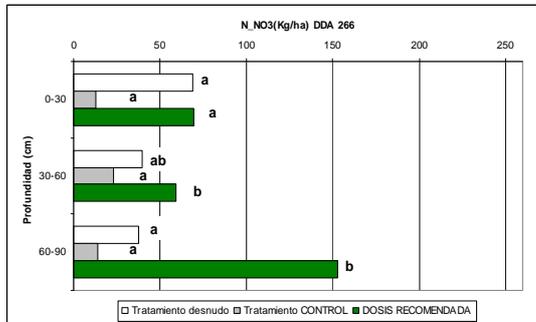
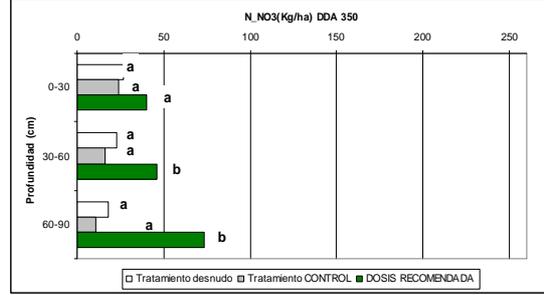
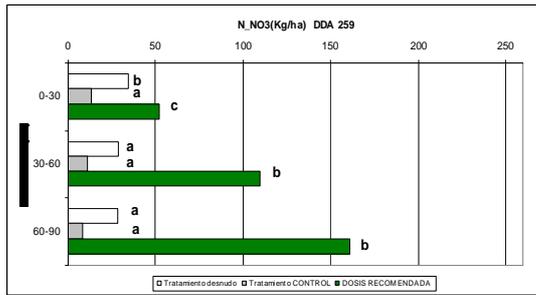
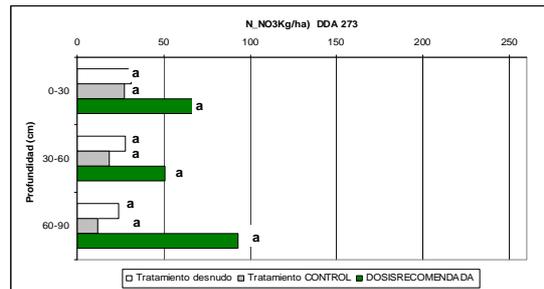
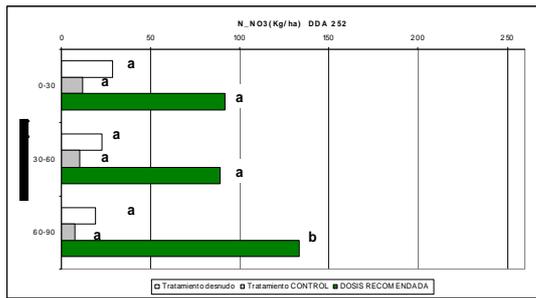
5.1.2 Evolución del Nitrógeno Nítrico:

Figura 2. Aportes de agua y evolución del NITRÓGENO NÍTRICO del suelo durante el ensayo en los horizontes A=0-30 cm, B=30-60 cm y C=60-90 cm La flecha roja indica el momento del abonado.



Perfiles de NITROGENO NITRICO(N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) del suelo en los tratamientos Testigo sin cultivo, Testigo con cultivo y Dosis recomendada en los diferentes días del año (DDA) muestreados. Distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas.



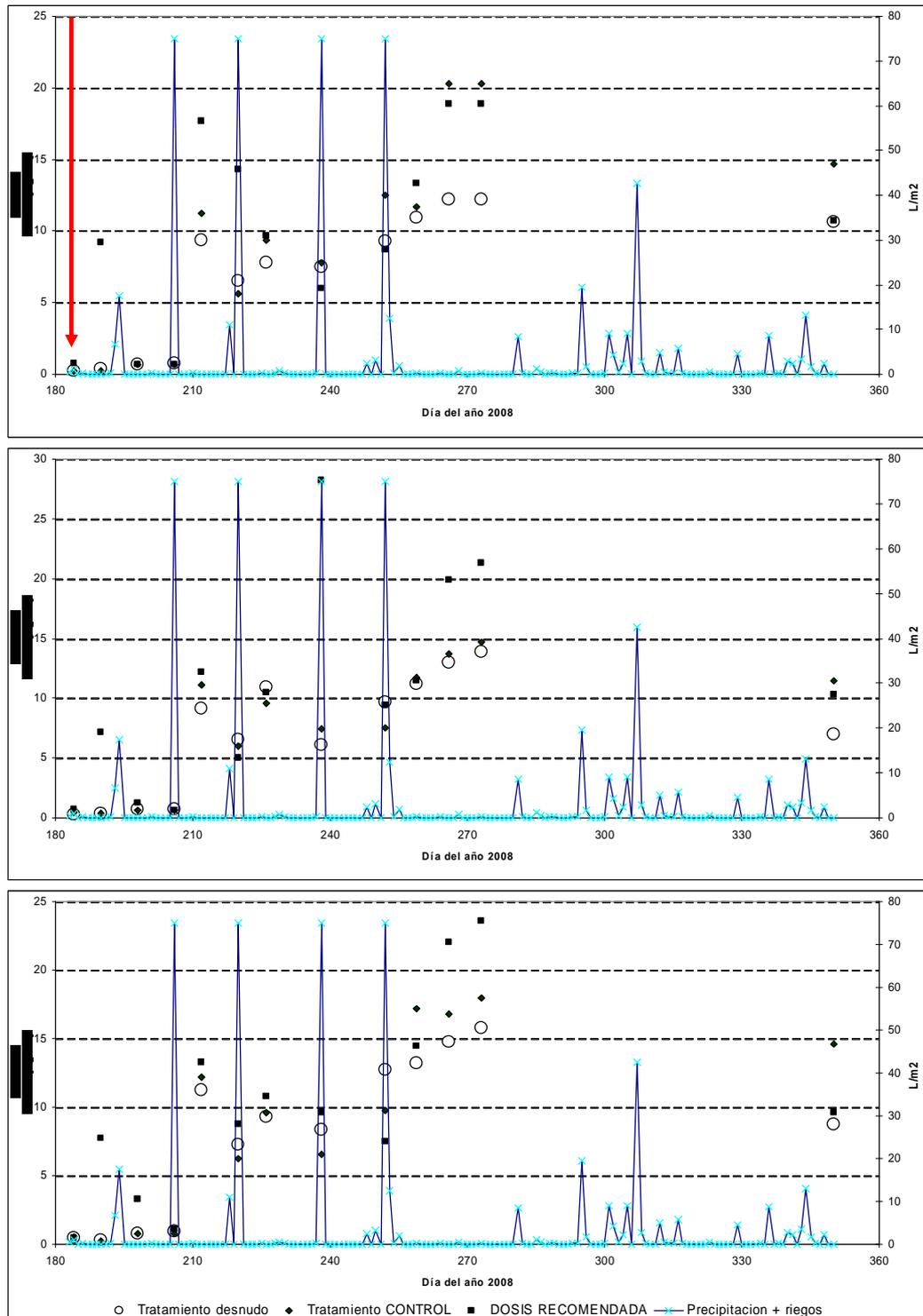


La información que la secuencia de gráficas nos aporta sobre el N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> es que esta forma de nitrógeno en el suelo mantiene una relación muy estrecha con el estado vegetativo de la planta y su contenido en suelo disminuye en los momentos en los que la planta requiere un mayor aporte de N. Como se puede observar la concentración de esta forma mineral aumenta en el momento en el que el abono se descompone quedando disponible para la planta y a medida que la planta lo requiere va tomándolo del suelo reduciendo el contenido del mismo. En esta reducción también participa la movilidad de este elemento en el suelo.

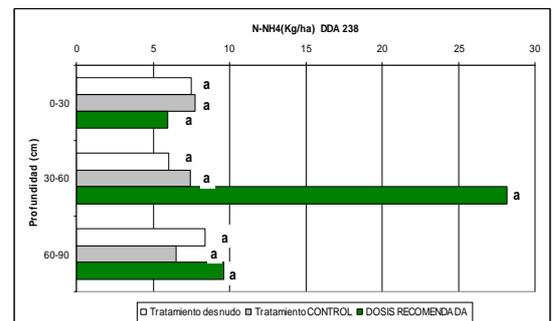
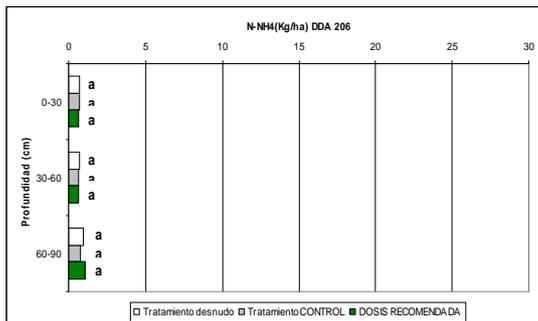
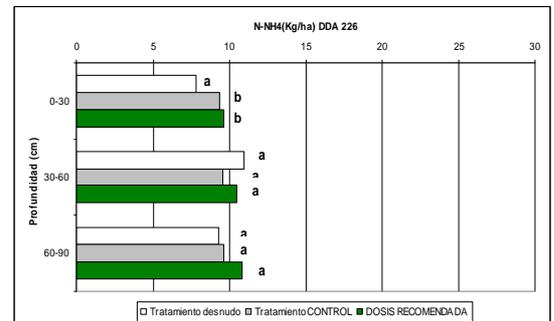
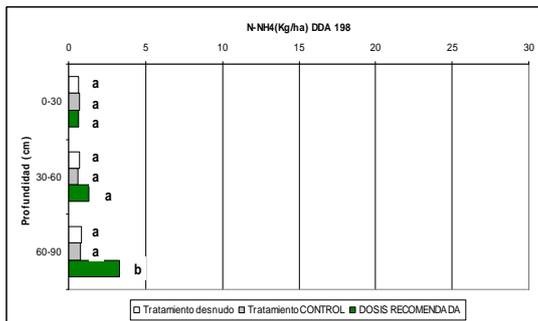
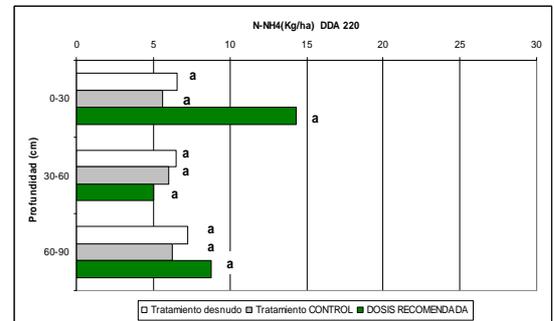
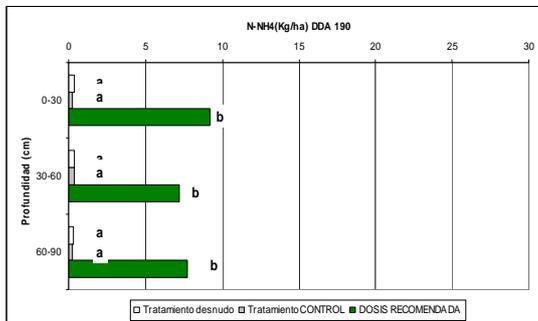
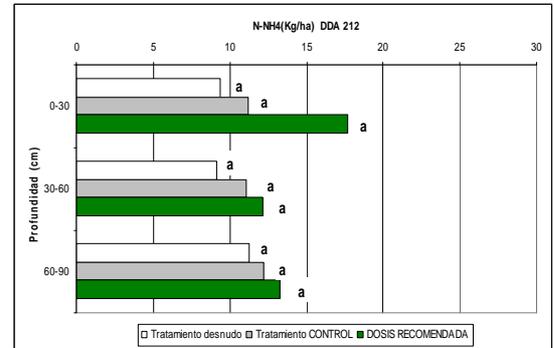
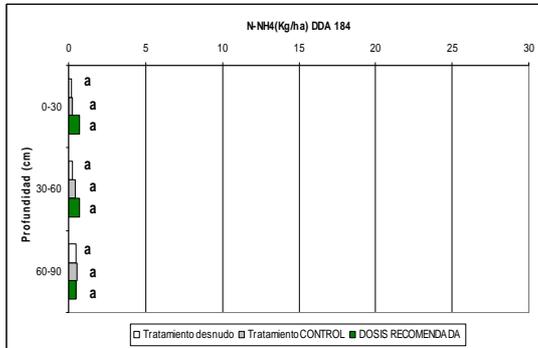
En el testigo desnudo se mantiene prácticamente constante en el tiempo. En el testigo cubierto o control se va reduciendo a medida que el cultivo se desarrolla pero en la parcela con dosis recomendada se observa como la concentración de este compuesto se mantiene elevada pero al final del cultivo los horizontes superficiales reducen su concentración mientras que en profundidad apenas hay oscilaciones. El motivo más evidente es que el exceso de nitrógeno que no puede asimilar la planta se lava por el riego y por las lluvias enriqueciendo los horizontes más profundos compensando las extracciones producidas por el maíz.

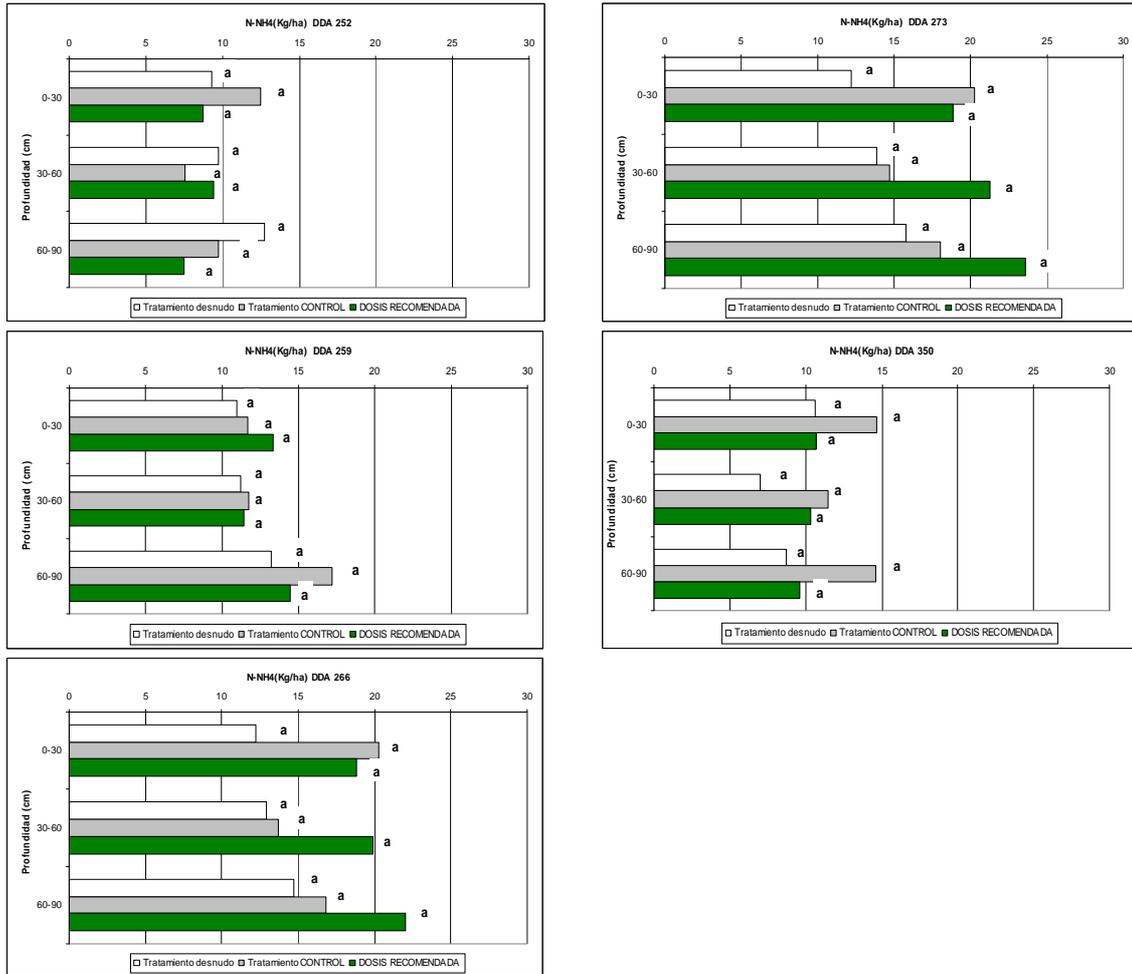
5.1.2 Evolución del Nitrógeno Amoniacal:

Figura 3. Aportes de agua y evolución del NITRÓGENO AMONIACAL del suelo durante el ensayo en los horizontes A=0-30 cm, B=30-60 cm y C=60-90 cm. En rojo se indica el momento del abonado.



Perfiles de NITROGENO AMONICAL(N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) del suelo en los tratamientos Testigo sin cultivo, Testigo con cultivo y Dosis recomendada en los diferentes días del año (DDA) muestreados. Distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas.

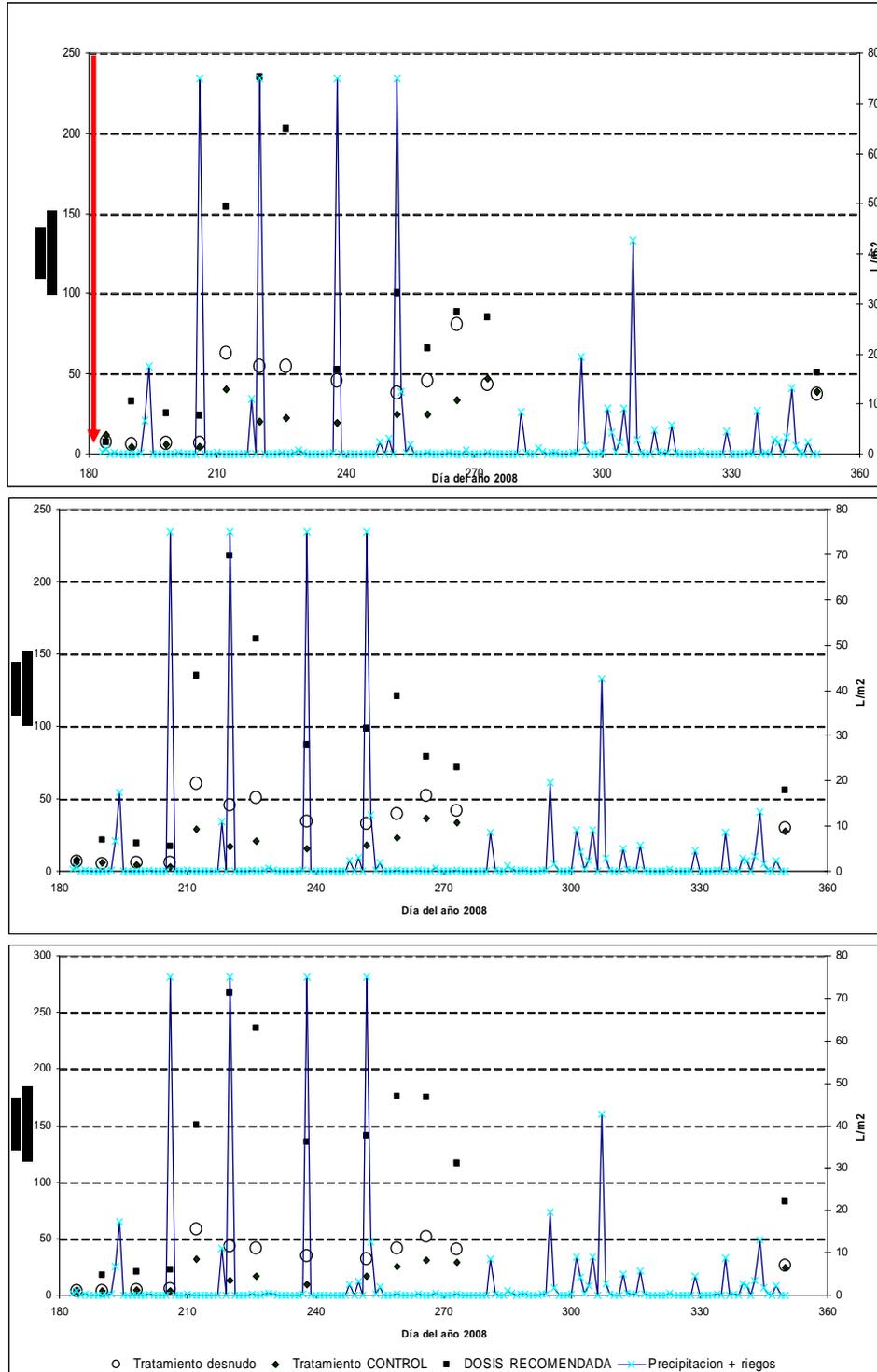




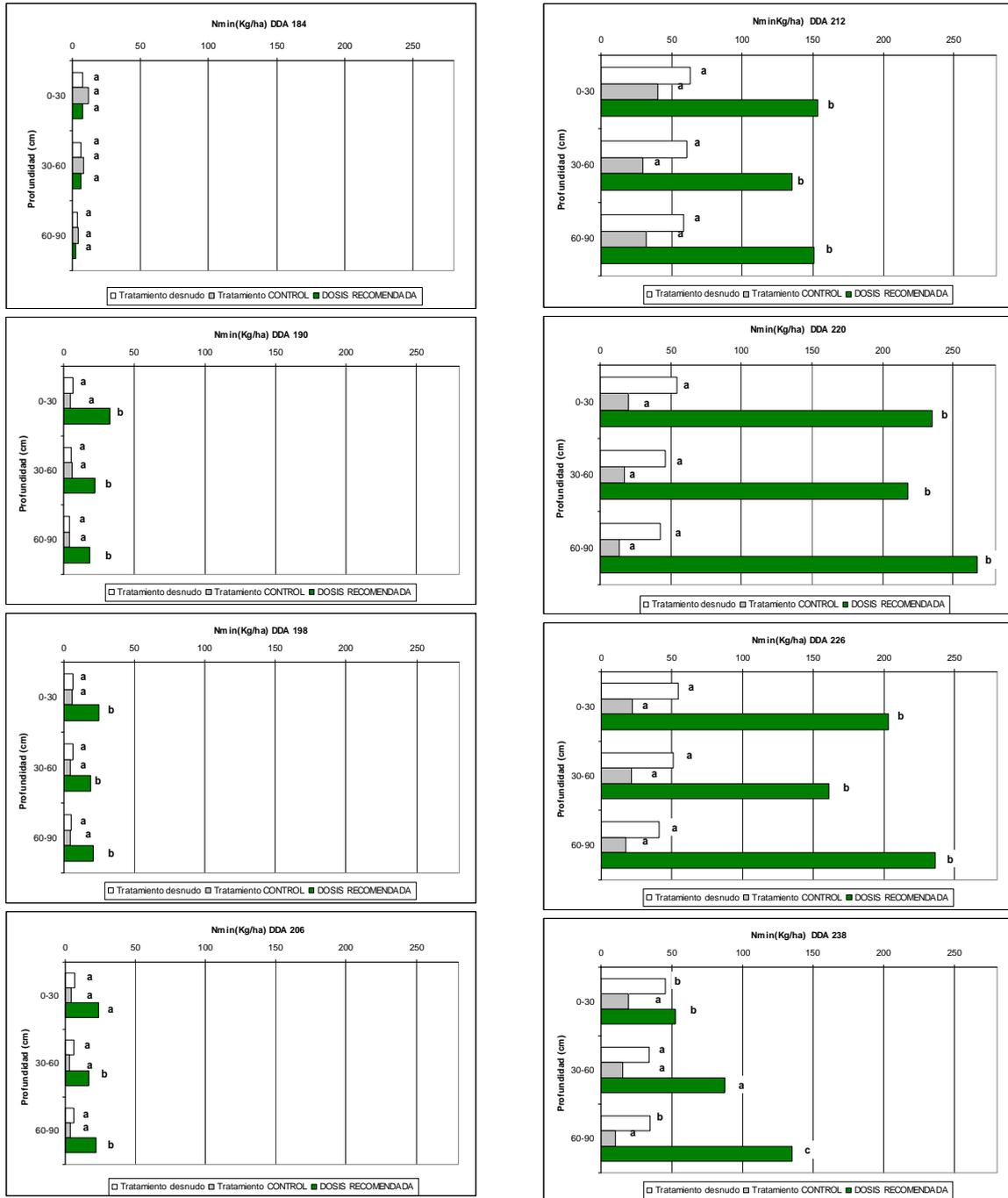
Lo primero que llama la atención en estas gráficas son los picos que podemos encontrar en los diferentes días. Estos aparecen aleatoriamente sin causa justificada. Los motivos pueden ser varios como la gran facilidad para volatilizarse o simplemente que durante la obtención de muestras de suelo se haya tomado algún grano de abono sin saberlo. El ensayo no nos aporta ningún dato concluyente sobre este elemento.

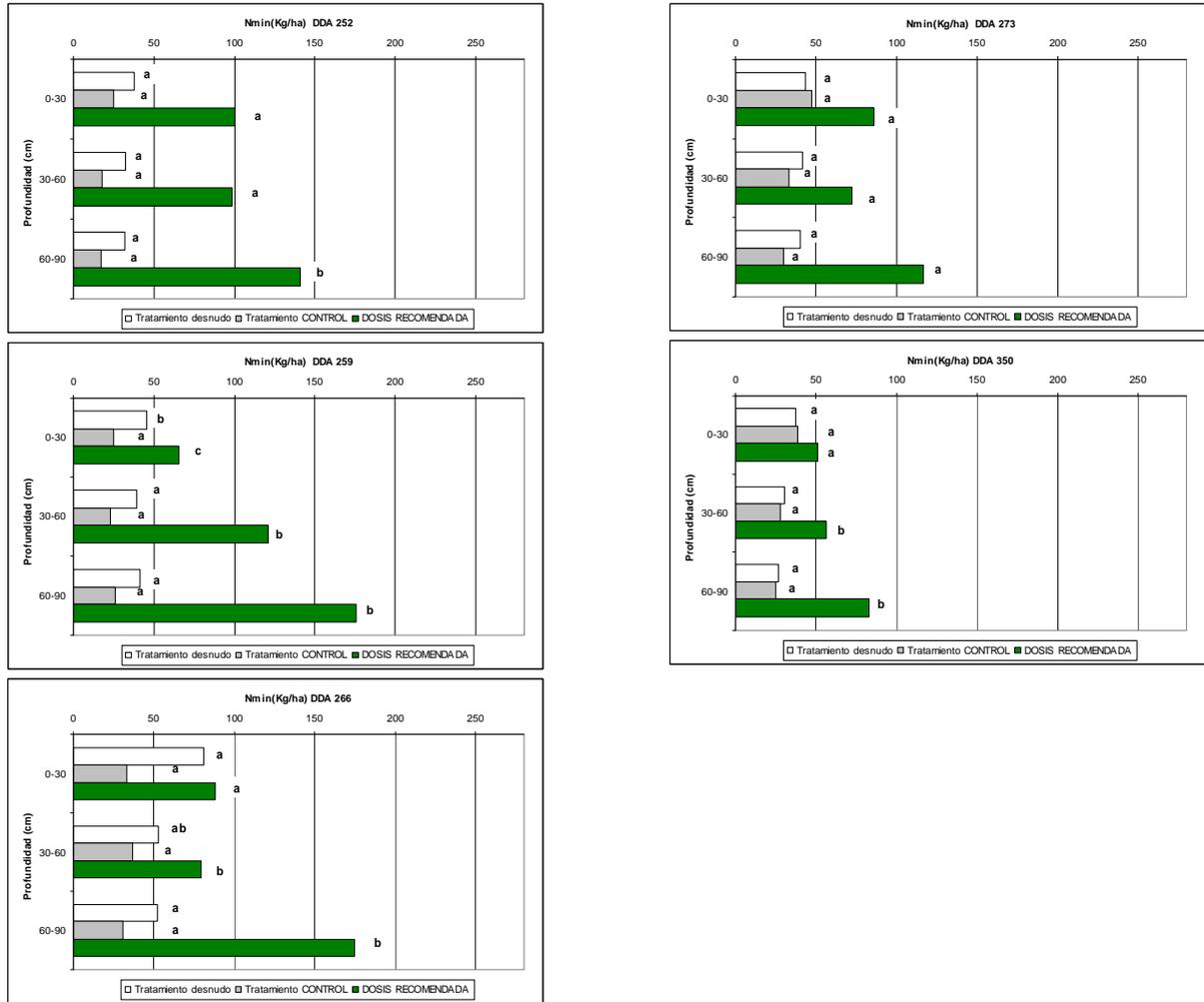
5.1.3 Evolución del Nmin en el suelo

**Figura 4. Aportes de agua y evolución del NITRÓGENO TOTAL (Nmin) del suelo durante el ensayo en los horizontes A=0-30 cm, B=30-60 cm y C=60-90 cm. En rojo se indica el momento del abonado.**



**Perfiles de NITROGENO TOTAL (Nmin) del suelo en los tratamientos Testigo sin cultivo, Testigo con cultivo y Dosis recomendada en los diferentes días del año (DDA) muestreados. Distintas letras indican diferencias estadísticamente significativas.**





Si observamos las series de gráficas expuestas anteriormente podemos llegar a la conclusión que la concentración de NMin en suelo aumenta a medida que aumentamos la profundidad.

Si comparamos la evolución del NMin en suelo entre los tratamientos observamos como el suelo desnudo mantiene un nivel de nitrógeno más o menos constante a lo largo del tiempo y que se ve aumentado en momentos en los que ha habido riego o lluvia lo cual nos indica que el NMin en suelo se ve influenciado por las lluvias y por el riego. También nos dice que el tipo de riego utilizado favorece el movimiento del N en suelo y que éste es un elemento muy móvil en suelo especialmente en forma de  $\text{NO}_3^-$

El contenido en NMin en la dosis recomendada (300Kg/ha) obtiene valores muy elevados por encima del resto y sin apenas variación en el horizonte más profundo. La justificación de este fenómeno la podemos encontrar en el lavado de NMin su contenido se reduce en el horizonte más superficial y se mantiene constante en profundidad debido al aporte proveniente de las capas superiores

Hay un salto considerable en los muestreos de los días 206 al 212 causado probablemente por la liberación del N contenido en el abono haciéndose asimilable para la planta.

## 5.1.4 Evolución del Nmin Total en el suelo durante el ciclo (0-90cm)

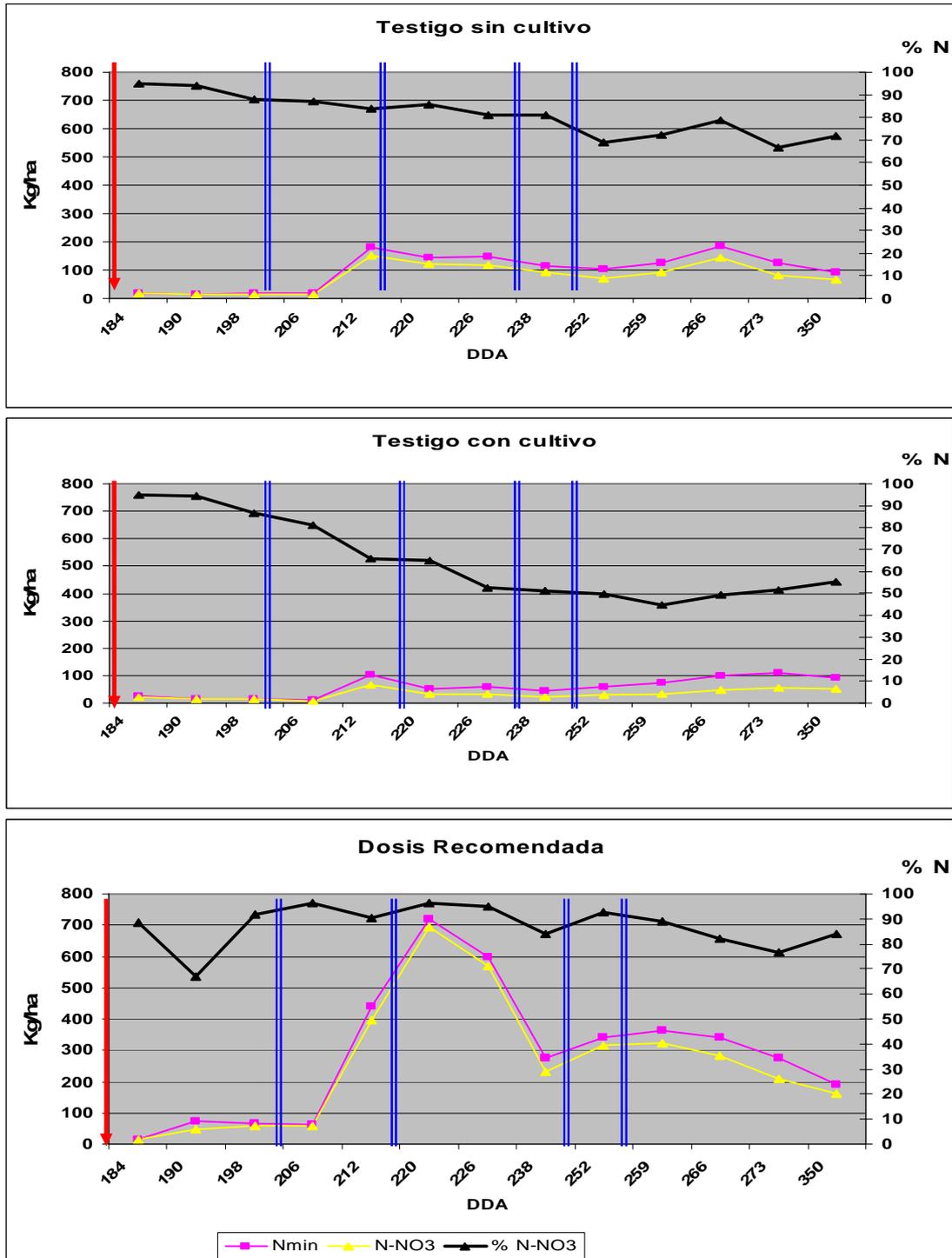
DDA	Nmin (kg/ha)			N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (kg/ha)			N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (%)		
	T. cultivo sin	T. cultivo con	D.Rec.	T. cultivo sin	T. cultivo con	D.Rec.	T. cultivo sin	T. cultivo con	D.Rec.
184	18	24	16	17	23	14	94,97	94,97	88,44
190	16	15	73	15	14	49	93,80	94,58	66,93
198	18	15	65	16	13	60	88,00	86,79	91,91
206	18	11	63	16	9	60	86,95	81,14	96,24
212	182	102	439	153	67	396	83,72	66,13	90,20
220	143	51	720	123	33	692	85,81	64,85	96,11
226	147	60	600	118	32	569	80,85	52,64	94,85
238	115	45	275	93	23	231	80,85	51,31	84,07
252	102	59	340	71	30	314	68,96	49,86	92,46
259	127	74	362	91	33	323	72,07	44,77	89,16
266	186	100	342	146	50	281	78,51	49,44	82,23
273	125	110	274	83	57	211	66,49	51,83	76,78
350	94	91	190	67	50	160	71,90	55,26	83,94

**Tabla 12:** Evolución del Nmin Total en el suelo durante el ciclo (0-90cm). La línea roja representa el momento del abonado y la doble línea azul los riegos aplicados.

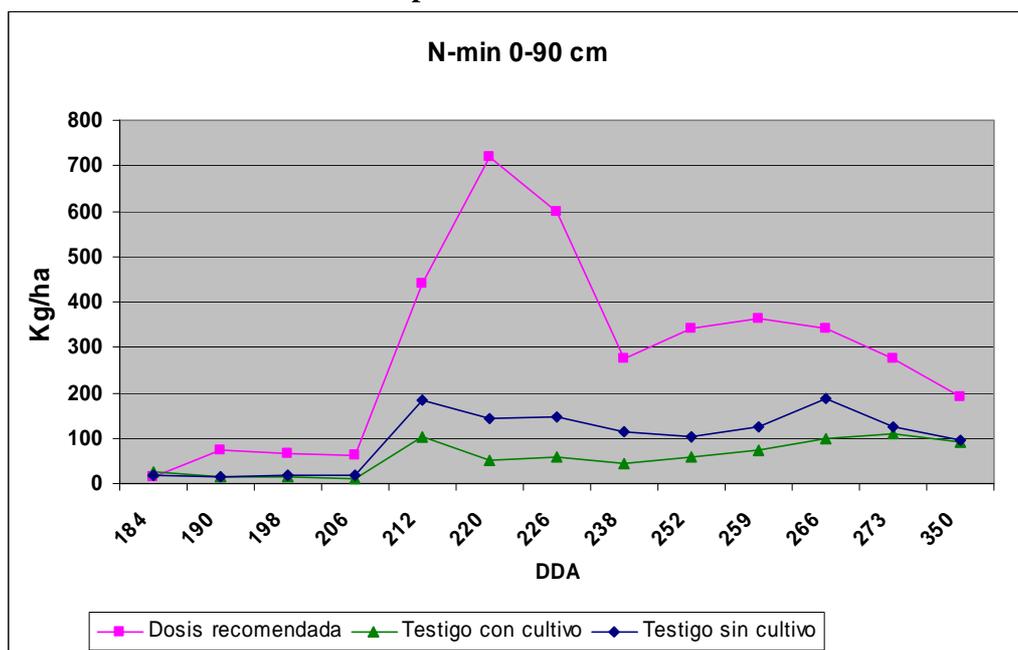
Como podemos observar la composición del Nmin es en su mayor parte N nítrico llegando a valores porcentuales superiores a 80. Salvo en el testigo con cultivo que al final del desarrollo desciende por debajo de la mitad causado posiblemente por la demanda de la planta para formar el grano en la dosis recomendada se mantiene por encima del 75.

En el caso de la dosis recomendada la relación de N nítrico es superior a 75 lo que nos puede indicar que el contenido de N en suelo es tan elevado que aunque desarrolle el fruto el cultivo las reservas de N siguen siendo elevadas. Por otro lado nos indica que cuanto mayor sea el valor de N Nítrico menor será el contenido de N amoniacal.

**Figura 6 Evolución del NITRÓGENO TOTAL (Nmin) del suelo durante el ensayo en el horizonte 0-90 cm Testigo sin cultivo, Testigo con cultivo y Dosis Recomendada. La línea roja representa el momento del abonado y la doble línea azul los riegos aplicados. Se incluye figura resumen comparando en la misma imagen la evolución del Nmin en los tres tratamientos.**



Grafica : Evolución del Nmin en el perfil total del suelo.



El N mineral residual proveniente de la campaña anterior en los primeros 90 cm no supero los 20 kgN/ha en ningún caso. N mineral en testigos en ningún caso mayor de 200 kg N/ha y que como se veía en los perfiles (figura 4) no se da una acumulación de N mineral en profundidad por lo que la posible lixiviación en los testigos es reducida. La componente mayoritaria es la nítrica si bien a lo largo del ciclo de cultivo aumenta la proporción de N-amoniacal en el suelo. Este hecho es mas patente en el testigo con cultivo lo que indicaría que la planta esta absorbiendo prioritariamente N-nítrico.

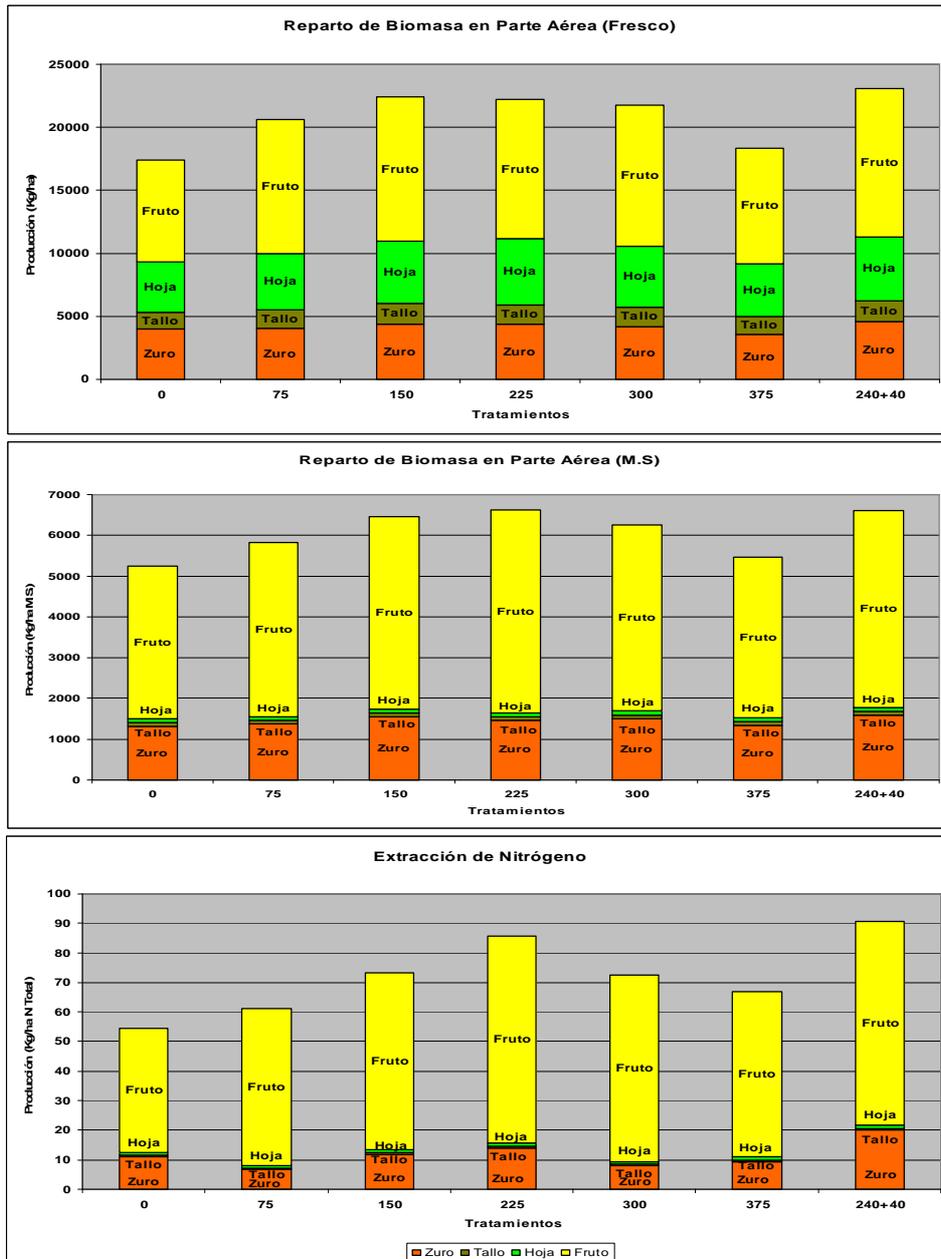
En la dosis recomendada se observa que hasta el primer riego el N proveniente del abono no se incorporo al suelo. Durante 2 semanas el N del abono aun habiendo sido aplicado no fue disponible hasta que se regó. Tras el riego el N en el suelo llevo a alcanzar valores de 700 kg /N ha. Este valor es el doble del esperado ya que solo se aplicaron 300 kg/ha. La diferencia puede ser debida a la gran heterogeneidad en el reparto del abono, la heterogeneidad espacial (el valor resulta de analizar 50g de suelo cuando en cada parcela elemental tiene mas de 13.000 kg de suelo. A su vez la aplicación de abonos minerales ha podido aumentar la mineralización de la materia orgánica del suelo lo que hace que aparezca un N mineral disponible derivado de la materia orgánica del suelo que no aparece en los otros tratamientos. Este hecho ha sido constatado en otros trabajos (Sorensen 2004). Gran riesgo de lixiviación, de hecho tras los riegos desciende el Nmin en el suelo especialmente al final del ciclo de cultivo. Al final del año quedan en el suelo 190 Kg. de N que seria interesante conocer su evolución hasta el momento de siembra del cultivo siguiente. Por último la forma mayoritaria de N en el suelo es la nítrica.

5.2 MATERIAL VEGETAL

MUESTREOS DE MATERIAL VEGETAL

Como se ha indicado en Material y Métodos, momentos antes de la cosecha se muestrearon 2 metros lineales de plantas de cada parcela en las que se determinaron los parámetro de producción, composición en N y su distribución por órganos de la planta. En las siguientes figuras se muestra acumulado y sin acumular como afectan los tratamientos a la distribución por órganos de la materia fresca, materia seca y N en Kg/ha.

**Figura 5: distribución por órganos de la materia fresca, materia seca y N en Kg/ha acumulado para los distintos tratamientos de abonado.**



Como podemos apreciar en las tres gráficas anteriores de producción de los diferentes tratamientos el que mejores resultados aparentes ha obtenido es el de 240+40 Kg/ha. La razón de esto es que la planta ante un exceso de abonado nitrogenado tiende a crecer en exceso produciendo mayor cantidad de materia vegetal y con un contenido en agua mayor. Sin embargo señalar que únicamente hubo diferencia significativas en producción de biomasa entre el tratamiento testigo y el de 240+40 Kg/ha.

Al reducir el contenido en agua hasta el 14% estándar la producción se ve reducida considerablemente y las diferencias entre tratamientos se reducen.

El maíz, como la mayoría de las plantas destina sus nutrientes a la perpetuación de la especie. Esto se puede observar claramente en las tres gráficas donde la mayor producción ya sea en materia verde, materia seca o en N total se la ha removilizado al fruto.

Llama la atención que la curva de respuesta de síntesis de biomasa esta ligeramente desplazada con relación a la curva de extracción de N en planta. Así la mayor síntesis de biomasa se ha alcanzado prácticamente con 160 kg de N/ha, sin embargo la máxima extracción de N se alcanza con 225 kg de N/ha.

A partir de la aplicación de 300 kgN/ha, dosis recomendada, se aprecia una tendencia a disminuir la producción indicando que ese es el umbral de la zona de toxicidad. Esta toxicidad puede ser debida a un aumento de la salinidad del suelo o a una posible toxicidad por Biuret (Compuesto toxico presente en ureas de baja calidad), o competencias en la absorción de otros nutrientes como el Fosfato. Se descarta que la causa de reducción de la producción haya sido la mayor sensibilidad del cultivo a estreses bióticos (plagas y enfermedades) de las plantas sobrefertilizadas. En ningún caso se aprecio incidencia significativa de plaga o enfermedad alguna.

En los cálculos desarrollados no se han tenido en cuenta la extracción de N por parte de la raíz. Este valor se estima en el 25% de la extracción total por parte de la planta.

Los índices de cosecha, y los contenidos en materia seca fueron similares en todos los tratamientos. Únicamente destaca el aumento del contenido en N al aumentar la dosis de abono aplicada hasta la dosis de 300 kgN/ha.

**FIGURA 6: PRODUCCIÓN de las diferentes partes de la planta, Producción Total ( $\Sigma$ ) e Índice de Cosecha (I.C.) para cada tratamiento en Kg de Materia Fresca(Kg MF), % de Materia Seca (%M.S.), Kg de Materia Seca (Kg M.S.), % de Nitrógeno (%N) y Kg de Nitrógeno(Kg N).**

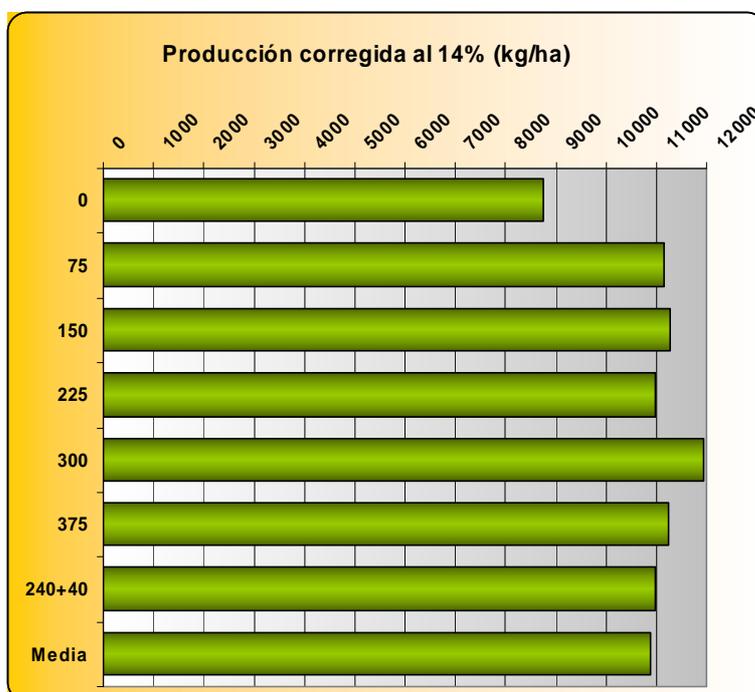
		Trat.1	Trat.2	Trat.3	Trat.4	Trat.5	Trat.6	Trat.7
<b>Ng MF</b>	<b>Producción Grano</b>	8127	10592	11415	11056	11187	9212	11722
	<b>Producción Zuro</b>	1387	1435	1620	1533	1573	1392	1667
	<b>Producción Hoja</b>	3948	4483	4969	5235	4811	4160	5074
	<b>Producción Tallos</b>	3963	4085	4398	4377	4162	3602	4590
	<b>Producción Total (<math>\Sigma</math>)</b>	17425	20595	22402	22201	21733	18366	23053
	<b>*Raíces (25% Total)</b>	4356	5149	5600	5550	5433	4592	5763
	<b>I.C. (P.Grano/P. Total)</b>	0,47	0,51	0,51	0,50	0,51	0,50	0,51
<b>% M.S.</b>	<b>Producción Grano</b>	94,8	95,1	95,1	95,1	95,1	95,1	95,2
	<b>Producción Zuro</b>	95,8	96,1	96,1	95,8	96,0	95,8	95,8
	<b>Producción Hoja</b>	94,8	95,0	95,0	94,9	94,9	95,0	94,8
	<b>Producción Tallos</b>	95,0	94,9	95,1	95,0	94,9	95,1	94,8
	<b>Producción Total (<math>\Sigma</math>)</b>	380,3	381,1	381,4	380,9	381,0	381,0	380,6
	<b>*Raíces (25% Total)</b>	95,1	95,3	95,3	95,2	95,2	95,2	95,2
	<b>Kg M.S.</b>	<b>Producción Grano</b>	3744	4264	4725	4977	4572	3957
<b>Producción Zuro</b>		1328	1379	1557	1469	1510	1333	1597
<b>Producción Hoja</b>		91	91	91	91	91	91	91
<b>Producción Tallos</b>		90	90	90	90	90	90	90
<b>Producción Total (<math>\Sigma</math>)</b>		5253	5825	6464	6627	6264	5472	6606
<b>*Raíces (25% Total)</b>		1313	1456	1616	1657	1566	1368	1652
<b>I.C. (P.Grano/P. Total)</b>		0,71	0,73	0,73	0,75	0,73	0,72	0,73
<b>% N</b>	<b>Producción Grano</b>	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4
	<b>Producción Zuro</b>	0,8	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	1,2
	<b>Producción Hoja</b>	0,9	0,9	1,2	1,2	1,1	1,3	1,0
	<b>Producción Tallos</b>	0,5	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6
	<b>Producción Total (<math>\Sigma</math>)</b>	3,2	2,9	3,6	4,1	3,4	4,0	4,1
	<b>*Raíces (25% Total)</b>	0,8	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,0
	<b>Kg N</b>	<b>Producción Grano</b>	42,1	53,0	59,8	69,9	63,0	55,7
<b>Producción Zuro</b>		11,1	6,9	11,8	14,0	8,0	9,2	20,2
<b>Producción Hoja</b>		0,8	0,8	1,1	1,2	1,0	1,3	0,9
<b>Producción Tallos</b>		0,5	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6
<b>Producción Total (<math>\Sigma</math>)</b>		54,5	61,2	73,2	85,7	72,5	66,9	90,7
<b>*Raíces (25% Total)</b>		13,6	15,3	18,3	21,4	18,1	16,7	22,7
<b>I.C. (P.Grano/P. Total)</b>		0,77	0,87	0,82	0,82	0,87	0,83	0,76

5.3 PRODUCCIÓN DE PARCELA

A continuación se presentan los datos de producción obtenidos con la cosechadora.

**Tabla 12:** Producción con cosechadora de ensayos corregida al 14% de Humedad. Fuente: (Itg. Agrícola, 2008)

TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO 14% kg/ha	% HUMEDAD	P. ESPECIFICO Kg/hl
0	8.749	31,5	67,6
75	11.145	31,8	67,6
150	11.273	33,5	67,2
225	10.963	31,7	68,7
300	11.949	33,7	68,9
375	11.226	32,3	69,0
240+40	10.961	32,1	69,0
Media	10.895	32,4	68,3



**Grafica18:** Producción de maíz ajustada al 14 % de humedad en los diferentes ensayos. Fuente: ITG Agrícola.

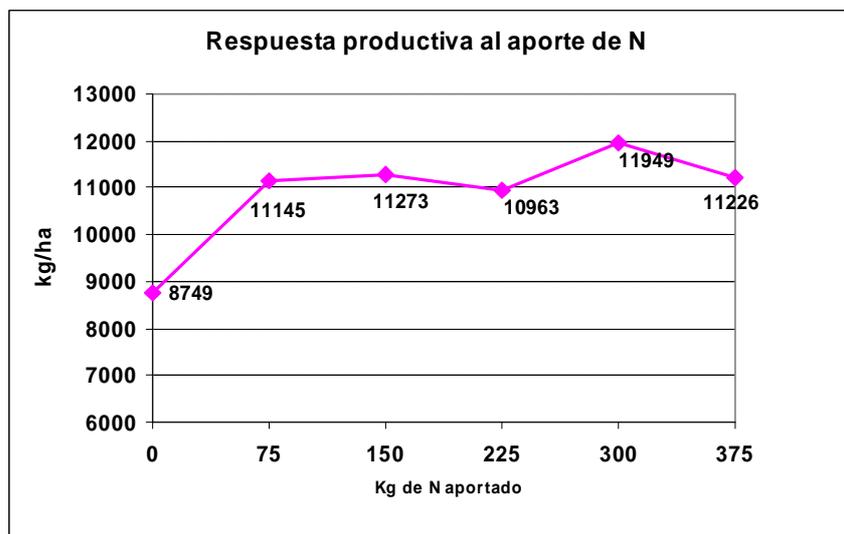
Cultivo con excelente desarrollo y vigor durante todo el ciclo, con escasas diferencias visuales entre tratamientos. Visualmente únicamente se diferenció ligera y tardíamente el testigo. La humedad no se vio afectada y el peso específico tendió a aumentar muy ligeramente al aumentar la dosis de abono nitrogenado aplicada.

En las siguiente tablas y figuras se muestra la respuesta del cultivo al N mineral tanto al aplicado con el abono como al N inicial de la parcela en su perfil 0-90.

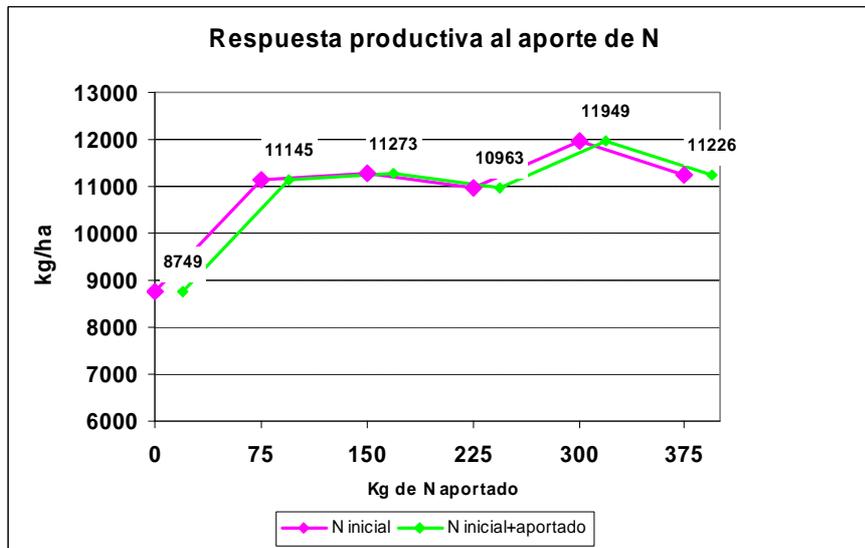
Producción corregida 14% (Kg/ha)			
Trat	N abono	N abono+Nmin	Total general
1	0	19	8749
2	75	94	11145
3	150	169	11273
4	225	244	10963
5	300	319	11949
6	375	394	11226
7	240+40	244	10961

Tabla 13: Ajuste de la producción en función del Nmin inicial en el suelo antes de la siembra.

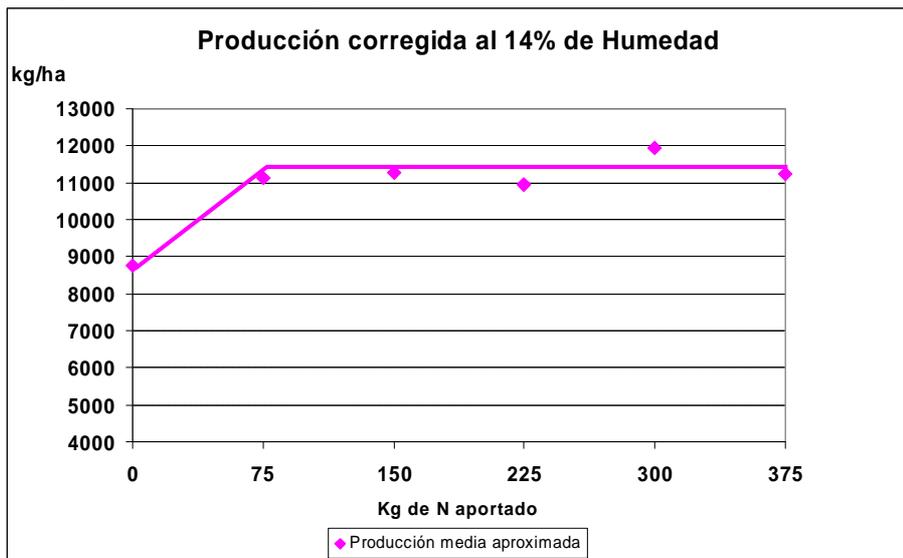
Gráfico 19: Producción de cada tratamiento teniendo en cuenta el N aportado en el abonado.



**Gráfica 20:** Respuesta productiva del maíz teniendo en cuenta el Nmin inicial del suelo.



**Gráfica 21:** Producción corregida y curva media aproximada de producción de las diferentes dosis de abonado ensayadas. Fuente: ITG Agrícola.



En la gráfica superior encontramos las producciones obtenidas en los distintos tratamientos antes de la corrección del Nmin.

En la gráfica inferior se han superpuesto las dos líneas de producción en la que la línea verde incluye el nitrógeno inicial obtenido a través del método del Nmin.

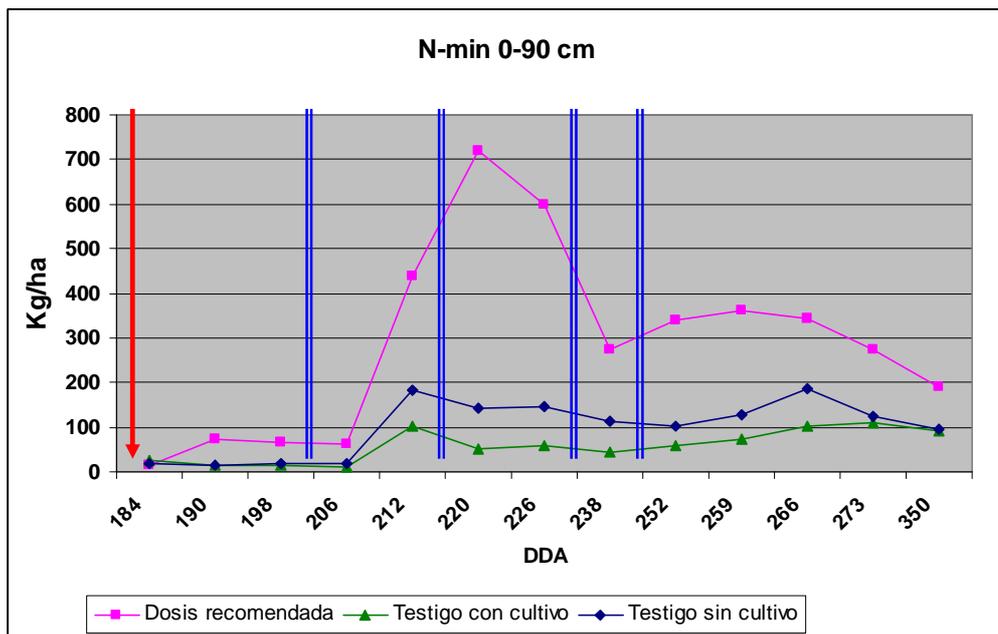
Se debe tener en cuenta para poder ajustar al máximo el aporte de N al suelo la cantidad inicial de la que parte el cultivo. Si hubiéramos tenido en cuenta este dato podríamos haber reducido el aporte de N ya que para una producción equivalente a la obtenida con 75 Kg/ha con haber aportado 56 Kg/ha. Esto supondría un ahorro en abono considerable y un menor impacto en el medio ambiente.

Como podemos observar la mayor producción de maíz se ha encontrado en la dosis recomendada superando ligeramente la media y llegando casi a los 12000 Kg. Sin embargo las diferencias entre tratamientos son muy bajas y no significativas.

El tratamiento testigo de dosis 0 ha obtenido una producción bastante elevada indicándonos que ha habido otros aportes de N diferentes al del abono que han sido suficientes para cubrir las necesidades del cultivo. Este nitrógeno proveniente de cultivos anteriores y de los restos de cosecha es muy importante suponiendo en muchos casos más de la mitad de las necesidades en abonado que requiere el cultivo.

Si nos fijamos en la curva de tendencia de la producción podemos ver como a partir de un aporte de 75 Kg/ha la producción se mantiene prácticamente constante. Este dato nos puede servir para tomar decisiones sobre cuanto abono nitrogenado debemos aplicar al cultivo en futuras campañas. Es decir, se valorará económicamente si la producción aumentará lo suficiente como para compensar los 225 kg/ha más que se deben aplicar hasta llegar a la dosis recomendada. También se debe valorar el impacto ecológico que este aporte supondría para el medio ambiente.

DINAMICA DEL NITROGENO EN EL ENTORNO SUELO-PLANTA



**Gráfica 22:** Evolución del Nmin en el medio suelo-planta. Se indica en rojo el momento de abonado y en azul los riegos aplicados.

El N mineral residual proveniente de la campaña anterior en los primeros 90 cm no supero los 20 kgN/ha en ningún caso. N mineral en testigos en ningún caso mayor de 200 kg N/ha y que como se veía en los perfiles (figura 5) no se da una acumulación de N mineral en profundidad por lo que la posible lixiviación en los testigos es reducida. La componente mayoritaria es la nítrica si bien a lo largo del ciclo de cultivo aumenta la proporción de N-NH4 en el suelo. Este hecho es mas patente en el testigo con cultivo lo que indicaría que la planta esta absorbiendo prioritariamente N-NO3.

En la dosis recomendada se observa que hasta el primer riego el N proveniente del abono no se incorporo al suelo. Durante 2 semanas el N del abono aún habiendo sido aplicado no fue disponible hasta que se regó. Tras el riego el N en el suelo llevo a alcanzar valores de 700 kg /N ha. Este valor es el doble del esperado ya que solo se aplicaron 300 kg/ha. La diferencia puede ser debida a la gran heterogeneidad en el reparto del abono, la heterogeneidad espacial (el valor resulta de analizar 50g de suelo cuando en cada parcela elemental tiene mas de 13.000 kg de suelo).

Pasado el primer riego hay una rápida incorporación al suelo que es muy marcada en el tratamiento de dosis recomendada hasta un punto donde se puede pensar que hay una toxicidad en la planta por exceso de concentración bajando rápidamente.

A su vez la aplicación de abonos minerales ha podido aumentar la mineralización de la materia orgánica del suelo lo que hace que aparezca un N mineral disponible derivado de la materia orgánica del suelo que no aparece en los otros tratamientos. Este hecho ha sido constatado en otros trabajos (Sorensen 2004). Gran riesgo de lixiviación, de hecho tras los riegos desciende el Nmin en el suelo especialmente al final del ciclo de cultivo. Al final del año quedan en el suelo 190 kg de N que seria interesante conocer su evolución hasta el momento de siembra del cultivo siguiente. Por último la forma mayoritaria de N en el suelo es la nítrica.

La diferencia entre el testigo con cultivo y el testigo sin cultivo nos da la cantidad de Nitrógeno que la planta ha asimilado. De esta forma podemos observar la diferencia que en cosecha se ha producido entre la dosis recomendada y el testigo con cultivo.

#### 5.4 ESTIMACIÓN DEL “BALANCE DEL NITRÓGENO” SEGÚN METODOLOGÍA DE INIA.

Para calcular el balance de Nitrógeno partiremos de los datos conocidos que son las entradas y salidas del sistema. De esta forma el único dato que no conocemos en el testigo con cultivo (Dosis=0) es el N aportado no contabilizado proveniente principalmente de agua de riego, mineralización, fijación biológica, etc. Este dato lo podemos calcular si consideramos que las salidas del sistema no contabilizadas son nulas al suponer que todo el nitrógeno que estaba en el suelo ha pasado a la planta y que las pérdidas por exceso de riego u otros motivos son mínimos.

<b>Tratamiento</b>	<b>0</b>	<b>5</b>
<b>Dosis N</b>	<b>0</b>	<b>300</b>
Nmin Presiembra	24	16
N Aplicado abono	0	300
N Aportado (fijación biológica, mineralización, M.O. suelo,...)	<b>X</b>	<b>X</b>
<b>N total entradas (Kg N/ha)</b>	<b>24</b>	<b>316</b>
N extraído parte aérea	54	73
N extraído raíces	14	18
N no computado*	<b>0</b>	<b>Y</b>
Nmin Postcosecha	91	190
<b>N total salidas (Kg N/ha)</b>	<b>159</b>	<b>281</b>

\* Suponemos que no ha habido emisiones gaseosas ni pérdidas por lixiviación en el tratamiento testigo.

Si aplicamos la fórmula del balance e igualamos entradas menos salidas despejando X nos da un valor de  $X=135$  Kg/ha.

Por lo tanto si aplicamos este dato calculado a la dosis recomendada obtendremos las pérdidas de N no computado causado por la lixiviación, drenaje, volatilización, etc. En este caso tendremos:

<b>Tratamiento</b>	<b>0</b>	<b>5</b>
<b>Dosis N</b>	<b>0</b>	<b>300</b>
Nmin Presiembra	24	16
N Aplicado abono	0	300
N Aportado (fijación biológica, mineralización, MO suelo,...)	135	0
<b>N total entradas (Kg N/ha)</b>	<b>159</b>	<b>316</b>
N extraído parte aérea	54	73
N extraído raíces	14	18
N no computado*	<b>0</b>	<b>Y</b>
Nmin Postcosecha	91	190
<b>N total salidas (Kg N/ha)</b>	<b>159</b>	<b>281</b>

En este caso obtenemos unas pérdidas de N no computado de  $Y=35$  Kg/ha.

Estas pérdidas por lixiviación son datos consistentes que se reflejan en la figura 5 del perfil de 60-90 donde hay unos contenidos de esa magnitud y también que en el perfil de 0-90 hay descensos tras los riegos de esa magnitud e incluso superiores.

En cuanto a emisiones gaseosas es posible que hayan sido elevadas puesto que el abono estuvo 2 semanas en superficie aplicado si n incorporarse en un suelo con pH básico y en una zona ventosa. Tampoco conocemos el dato del aporte de N en el agua de riego. Este dato puede ser muy relevante ya que el tipo de riego es de superficie y se aplican grandes cantidades de agua.

EFICIENCIA DEL USO DEL NITROGENO:

**Eficiencia en el uso del N del Abono:**

**La Eficiencia en el Uso del Nitrógeno procedente del Abono (EUN)** nos permite conocer cual ha sido el grado de aprovechamiento por parte de la planta del Nitrógeno aportado mediante el abonado.

El **EUN del abonado** es el resultado de restarle a la cantidad de Nitrógeno extraída por el tratamiento a estudiar la cantidad extraída por el Tratamiento Testigo (Dosis de Nitrógeno 0) y dividirlo entre la dosis de Nitrógeno aportada.

Cuanto mayor sea la cantidad de N residual en el suelo procedente de la campaña anterior mayor será la producción del tratamiento Testigo (abonado 0). Lo que nos indica que con una menor dosis de abonado nitrogenado obtendremos una mayor eficiencia.

Los cálculos estadísticos se encuentran en el **anexo 3**

La mayor eficiencia en el uso del abonado lo encontramos en la dosis de 75Kg/ha.. Como es lógico a medida que aumentamos la dosis de abonado el rendimiento baja hasta el 1%. Esto puede ser debido a la elevada concentración de nitrógeno en suelo en presiembra. En consecuencia, a mayor aporte de nitrógeno menor eficiencia.

**Nmin:**

Según los análisis de suelo en las condiciones del ensayo un Nmin en presiembra de 19Kg de N/ha han sido suficientes para aportar 54 Kg de N/ha durante el ciclo dando una producción del 73% del máximo obtenido con la dosis de 300 Kg/ha.

## 6. CONCLUSIONES

El uso de la herramienta NMIN puede ser interesante en regiones con riego a manto o para resolver la recomendación en parcelas que parten de valores muy elevados de nitrógeno en suelo.

Para mejorar el método es necesario crear modelos de previsión utilizando el NMIN que tengan en cuenta riego, lluvia, temperatura y tipo de suelo.

En maíz la eficiencia del nitrógeno aportado con los fertilizantes ha resultado muy baja en riego por inundación. Esta variabilidad está condicionada principalmente al contenido del suelo en nitrógeno mineral. Por tanto, el control del contenido de nitrógeno mineral del suelo resulta clave para ajustar la dosis idónea del nitrógeno a aplicar y mejorar su eficiencia.

El movimiento del  $N-NH_4^+$  es aleatorio en el suelo, no siendo capaces de poder relacionar este movimiento con ninguno de los factores estudiados.

El  $N-NO_3^-$ , forma mayoritaria de  $N_{\text{mineral}}$  en suelo, es un compuesto muy móvil en el suelo que está condicionado por el aporte de agua y por las necesidades de la planta fundamentalmente, entre otros.

EL contenido de  $N_{\text{min}}$  nos sirve para conocer en un momento puntual el estado nutricional del suelo siendo similar a una foto fija en un momento determinado.

La dosis de abono que produce un máximo rendimiento en las condiciones del ensayo es la de 75 Kg N/ha que es muy inferior a la máxima recomendada.

## 7. CONTINUACIÓN DE ESTE TRABAJO

Estos datos van a ser utilizados por el Departamento de Ingeniería Rural y Proyectos, grupo liderado por Camilo Robles para validar el modelo Hybrid Maize sobre modelización de la dinámica del agua y N en el cultivo del maíz.

Es necesario repetir este tipo de ensayos para avanzar en el uso del  $N_{\text{min}}$  como herramienta útil para realizar recomendaciones de abonado.

En próximos ensayos similares debe tenerse en cuenta la cantidad de N aportado en el agua de riego ya que puede suponer una cantidad importante debido a la elevada cantidad que se emplea.

El gasto que supone aplicar la dosis recomendada debe cuantificarse para poder hacer una comparación con el beneficio obtenido en la cosecha en contraposición al ahorro que supone tanto económico como ecológico en no aplicar nada o aplicar una dosis 4 veces menor.

## 8. BIBLIOGRAFÍA.

- Sorensen, P [Immobilisation, remineralisation and residual effects in subsequent crops of dairy cattle slurry nitrogen compared to mineral fertiliser nitrogen](#) PLANT AND SOIL  
Volume: 267 Issue: 1-2 Pages: 285-296 Published: DEC 2004
- APARICIO-TEJO, P. M., ARRESE-IGOR, C. y BECANA, M. "Fijación biológica de nitrógeno". En Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill-Interamericana. pp. 247-260. Madrid. 2000.
- ALEXANDER, M. "Introducción a la microbiología del suelo". John Wiley Sons. New York. pp. 136-150. 1980.
- ARREGUI, L.M., LASA, B., LAFARGA, A., IRAÑETA, I., BAROJA, E. y QUEMADA, M. "Evaluation of chlorophyll meters as tools for N fertilization in winter wheat under humid Mediterranean conditions". European Journal of Agronomy nº 24, pp. 140-148. 2006.
- AUDESLEY, E. "Harmonisation of environmental life cycle assessment for agriculture". Final Report Concert Action AIR3-CT94-2028. Silsoe Research Institute, Silsoe, UK. 1997.
- BERENGUER, P., SANTIVERI, F., CANTERO, C., BOIXADERA, J. y LLOVERAS, J. "Efecto de la fertilización nitrogenada mineral y orgánica en el rendimiento de maíz. Balance de nitrógeno en los sistemas en regadío de la provincia de Lleida". En Balance de nitrógeno en sistemas de cultivo de cereal de invierno y de maíz en varias regiones españolas. Monografías INIA: serie agrícola, nº 21. Editorial Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid. pp. 73-90. 2006.
- BURITY, H.A., FARIS, M.A. y CULMAN, B.E. "Estimation of nitrogen fixation and transfer from alfalfa to associated grasses in mixed swards under field conditions". Plant and Soil nº 114, pp. 249-255. 1989.
- CIRIA, M.P. "Balance energético de los cultivos de biomasa". Jornadas técnicas de la contribución de la agricultura a la producción y uso sostenible de la energía. 2006.
- DÍEZ, J.A., CABALLERO, R., ROMÁN, R., TARQUIS, A., CARTAGENA, M.C. y VALLEJO, A. "Integrated fertilization and irrigation management to reduce nitrate leaching in Central Spain". Journal of Environmental Quality nº 29, pp. 1539-1547. 2000.
- DOMINGO, F., SERRA, J. y TEIXIDOR, N. "Fertilización con productos orgánicos de origen ganadero en sistemas de cultivo de maíz en regadío en Girona (Cataluña): producción y balance de nitrógeno". En Balance de nitrógeno en sistemas de cultivo de cereal de invierno y de maíz en varias regiones españolas. Monografías INIA: serie agrícola, nº 21. Editorial Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid. pp. 91-106. 2006.
- EFMA (European Fertilizer Manufacturers Association). Understanding nitrogen and its use in agriculture. <http://www.efma.org>
- EUROSTAR. Disponible en Internet: <http://europa.eu.int/comm/eurostar>. 2003.
- FAO. "Manual técnico de la fijación del nitrógeno". Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. pp. 10-35. 1995.
- IRAÑETA, I., ARMESTO, A.P., SEGURA, A., LAFARGA, A., ARREGUI, L.M., BAROJA, E. y QUEMADA, M. "Herramientas de ayuda a la decisión para el manejo correcto de los fertilizantes nitrogenados en cereales de invierno". Navarra Agraria nº 133, pp. 6-16. 2002.
- IRAÑETA, I., ARMESTO, A.P., SEGURA, A. y LAFARGA, A. "Herramientas de ayuda a la decisión para el manejo correcto de los fertilizantes nitrogenados en cereales de invierno". Navarra Agraria nº 133, pp. 6-16. 2002. KIMBALL, J.W. "Biología". Adison Wesley Iberoamericana, pp. 432-450. 1980.
- LASA, B., IRAÑETA, I., ARMESTO, A.P., SEGURA, A., LAFARGA, A., ARREGUI, L.M., MERINA, M., BAROJA, E. y QUEMADA, M. "Herramientas de ayuda a la decisión para el manejo correcto de los fertilizantes nitrogenados en maíz". Navarra Agraria nº 138, pp. 10-18. 2003.
- LASA, B., IRAÑETA, J., SEGURA, A., LAFARGA, A., ARREGUI, L.M., BAROJA, E., MAEZTU, I. y QUEMADA, M. "Optimización de la fertilización nitrogenada mediante el uso de medidores de clorofilas". Navarra Agraria nº 150, pp. 32- 35. 2005.

- LÓPEZ-BELLIDO, L., LÓPEZ-BELLIDO, R.J., CASTILLO, J.E. y LÓPEZ-BELLIDO, F.J. "Effects of tillage, crop rotation, and nitrogen fertilization on wheat under rainfed Mediterranean conditions". *Agronomy Journal* nº 92, pp. 1054-1063. 2000. 3
- McLAUGHLIN, N.B., HIBA, A., WALL, G.J. y KING, D.J. "Comparison of energy inputs for inorganic fertilizer and manure based corn production". *Canadian Agricultural Engineering* nº 42, pp. 211-214. 2000.
- NAREDO, J.M. y CAMPOS, P. "Los balances energéticos de la agricultura española". En *Agricultura y Sociedad* nº 15, pp. 163-255. 1980.
- ORTUZAR-IRAGORRI, M.A., ALONSO, A., CASTELLÓN, A., BESGA, G., ESTAVILLO, J.M. y AIZPURUA, A. "N-Tester Use in Soft Winter Wheat: Evaluation of Nitrogen Status and Grain Yield Prediction". *Agronomy Journal* nº 97, pp. 1380-1389. 2005.
- URBANO, P. "Tratado de Fitotecnia General".
- QUEMADA, M. "Balance de nitrógeno en sistemas de cultivo de cereal de invierno y de maíz en varias regiones españolas". Monografías INIA: serie agrícola, nº 21. Editorial Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid. p. 144. 2006.
- IDAE- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACION Y AHORRO DE LA ENERGÍA- GOBIERNO DE ESPAÑA "Ahorro, Eficiencia Energética y Fertilización Nitrogenada, 2007"
- ANDREU J., BETRÁN J., DELGADO I. ESPADA J.L., GIL M., GUTIÉRREZ M., IGUÁCEL F., ISLA R., MUÑOZ F., ORÚS F., PÉREZ M., QUÍLEZ D., SIN E., YAGÜE M.R. "Fertilización nitrogenada. Guía de actualización" Gobierno de Aragón, 2006.
- ITG AGRICOLA. "guía del cultivo del maíz dulce, 2007"
- FERNANDO O. GARCÍA "Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz en Argentina, 2005"

9. ANEJOS

9.1 Anejos estadística suelo

ANOVA de un factor

Notas

	Resultados creados	29-abr-2010 11:42:51
	Comentarios	
Entrada	Datos	F:\datos suelo CADREITA 2008 MAIZE.sav
	Conjunto de datos activo	Conjunto_de_datos1
	Filtro	<ninguno>
	Peso	<ninguno>
	Segmentar archivo	DDA, Profundidad (cm)
	Núm. de filas del archivo de trabajo	352
Tratamiento de los valores perdidos	Definición de los valores perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario serán tratados como perdidos.
	Casos utilizados	Los estadísticos de cada análisis se basan en los casos sin datos perdidos para cualquier variable en el análisis.
	Sintaxis	ONEWAY Humsuelo NAMO NNIT Nmin BY Trata /MISSING ANALYSIS /POSTHOC=SNK ALPHA(0.05).
Recursos	Tiempo procesador de	0:00:02.047
	Tiempo transcurrido	0:00:02.204

[Conjunto\_de\_datos1] F:\datos suelo CADREITA 2008 MAIZE.sav

DDA = 184, Profundidad (cm) = 0-30

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	2,925	2	1,463	,145	,868
	Intra-grupos	60,357	6	10,059		
	Total	63,282	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	,487	2	,243	2,286	,183
	Intra-grupos	,638	6	,106		
	Total	1,125	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	39,605	2	19,803	,896	,457
	Intra-grupos	132,607	6	22,101		
	Total	172,213	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	36,529	2	18,264	,810	,488
	Intra-grupos	135,211	6	22,535		
	Total	171,740	8			

a. DDA = 184, Profundidad (cm) = 0-30

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Suelo desnudo	3	11,313
Control	3	12,138
Dosis recomendada	3	12,702
Sig.		,857

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 184, Profundidad (cm) = 0-30

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Suelo desnudo	3	,20
Control	3	,26
Dosis recomendada	3	,72
Sig.		,202

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 184, Profundidad (cm) = 0-30

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion		Subconjunto para alfa = 0.05
	N	1
Dosis recomendada	3	6,99
Suelo desnudo	3	7,04
Control	3	11,46
Sig.		,513

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 184, Profundidad (cm) = 0-30

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion		Subconjunto para alfa = 0.05
	N	1
Suelo desnudo	3	7,23
Dosis recomendada	3	7,71
Control	3	11,72
Sig.		,517

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 184, Profundidad (cm) = 0-30

DDA = 184, Profundidad (cm) = 30-60

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	2,390	2	1,195	,265	,776
	Intra-grupos	27,085	6	4,514		
	Total	29,475	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	,367	2	,183	,825	,482
	Intra-grupos	1,334	6	,222		
	Total	1,700	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	6,066	2	3,033	,935	,443
	Intra-grupos	19,469	6	3,245		
	Total	25,535	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	5,138	2	2,569	,776	,501
	Intra-grupos	19,856	6	3,309		
	Total	24,994	8			

a. DDA = 184, Profundidad (cm) = 30-60

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Suelo desnudo	3	13,637
Control	3	14,010
Dosis recomendada	3	14,868
Sig.		,767

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
b. DDA = 184, Profundidad (cm) = 30-60

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Suelo desnudo	3	,23
Control	3	,41
Dosis recomendada	3	,72
Sig.		,459

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
b. DDA = 184, Profundidad (cm) = 30-60

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion		Subconjunto para alfa = 0.05
	N	1
Dosis recomendada	3	5,52
Suelo desnudo	3	6,13
Control	3	7,48
Sig.		,428

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 184, Profundidad (cm) = 30-60

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion		Subconjunto para alfa = 0.05
	N	1
Dosis recomendada	3	6,24
Suelo desnudo	3	6,36
Control	3	7,90
Sig.		,539

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 184, Profundidad (cm) = 30-60

DDA = 184, Profundidad (cm) = 60-90

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	1,750	2	,875	,311	,744
	Intra-grupos	16,904	6	2,817		
	Total	18,654	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	,012	2	,006	1,442	,308
	Intra-grupos	,024	6	,004		
	Total	,036	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	5,940	2	2,970	5,181	,049
	Intra-grupos	3,440	6	,573		
	Total	9,380	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	6,287	2	3,144	5,034	,052
	Intra-grupos	3,747	6	,624		
	Total	10,034	8			

a. DDA = 184, Profundidad (cm) = 60-90

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Suelo desnudo	3	14,597
Control	3	14,936
Dosis recomendada	3	15,654
Sig.		,733

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 184, Profundidad (cm) = 60-90

N-NH4 (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Suelo desnudo	3	,46
Dosis recomendada	3	,46
Control	3	,53
Sig.		,366

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 184, Profundidad (cm) = 60-90

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion		Subconjunto para alfa = 0.05
	N	1
Dosis recomendada	3	1,99
Suelo desnudo	3	3,51
Control	3	3,86
Sig.		,052

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 184, Profundidad (cm) = 60-90

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion		Subconjunto para alfa = 0.05
	N	1
Dosis recomendada	3	2,45
Suelo desnudo	3	3,96
Control	3	4,39
Sig.		,053

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 184, Profundidad (cm) = 60-90

DDA = 190, Profundidad (cm) = 0-30

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	,305	2	,152	2,196	,192
	Intra-grupos	,416	6	,069		
	Total	,721	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	159,282	2	79,641	1,736	,254
	Intra-grupos	275,179	6	45,863		
	Total	434,461	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	684,739	2	342,369	101,776	,000
	Intra-grupos	20,184	6	3,364		
	Total	704,923	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	1503,610	2	751,805	24,687	,001
	Intra-grupos	182,723	6	30,454		
	Total	1686,333	8			

a. DDA = 190, Profundidad (cm) = 0-30

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Control	3	13,230
Dosis recomendada	3	13,433
Suelo desnudo	3	13,680
Sig.		,172

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
b. DDA = 190, Profundidad (cm) = 0-30

N-NH4 (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Control	3	,21
Suelo desnudo	3	,35
Dosis recomendada	3	9,20
Sig.		,306

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
b. DDA = 190, Profundidad (cm) = 0-30

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	4,50	
Suelo desnudo	3	5,93	
Dosis recomendada	3		23,67
Sig.		,377	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
 b. DDA = 190, Profundidad (cm) = 0-30

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	4,71	
Suelo desnudo	3	6,28	
Dosis recomendada	3		32,88
Sig.		,739	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
 b. DDA = 190, Profundidad (cm) = 0-30

DDA = 190, Profundidad (cm) = 30-60

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	,188	2	,094	1,082	,397
	Intra-grupos	,522	6	,087		
	Total	,710	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	94,568	2	47,284	9,160	,015
	Intra-grupos	30,972	6	5,162		
	Total	125,540	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	169,511	2	84,756	17,691	,003
	Intra-grupos	28,745	6	4,791		
	Total	198,257	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	517,075	2	258,537	69,194	,000
	Intra-grupos	22,418	6	3,736		
	Total	539,493	8			

a. DDA = 190, Profundidad (cm) = 30-60

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Dosis recomendada	3	14,360
Control	3	14,373
Suelo desnudo	3	14,673
Sig.		,445

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 190, Profundidad (cm) = 30-60

N-NH4 (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Suelo desnudo	3	,33	
Control	3	,34	
Dosis recomendada	3		7,21
Sig.		,996	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 190, Profundidad (cm) = 30-60

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Suelo desnudo	3	5,20	
Control	3	5,66	
Dosis recomendada	3		14,63
Sig.		,804	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
 b. DDA = 190, Profundidad (cm) = 30-60

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Suelo desnudo	3	5,52	
Control	3	6,00	
Dosis recomendada	3		21,83
Sig.		,774	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
 b. DDA = 190, Profundidad (cm) = 30-60

DDA = 190, Profundidad (cm) = 60-90

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	4,053	2	2,026	3,725	,089
	Intra-grupos	3,264	6	,544		
	Total	7,317	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	110,454	2	55,227	255,391	,000
	Intra-grupos	1,297	6	,216		
	Total	111,751	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	88,510	2	44,255	60,592	,000
	Intra-grupos	4,382	6	,730		
	Total	92,892	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	396,728	2	198,364	214,415	,000
	Intra-grupos	5,551	6	,925		
	Total	402,279	8			

a. DDA = 190, Profundidad (cm) = 60-90

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
Control	3	14,463	
Dosis recomendada	3	14,827	
Suelo desnudo	3	16,033	
Sig.			,089

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
 b. DDA = 190, Profundidad (cm) = 60-90

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	,26	
Suelo desnudo	3	,32	
Dosis recomendada	3		7,72
Sig.		,892	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
 b. DDA = 190, Profundidad (cm) = 60-90

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Suelo desnudo	3	3,87	
Control	3	3,91	
Dosis recomendada	3		10,54
Sig.		,955	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 190, Profundidad (cm) = 60-90

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	4,17	
Suelo desnudo	3	4,18	
Dosis recomendada	3		18,26
Sig.		,987	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 190, Profundidad (cm) = 60-90

DDA = 198, Profundidad (cm) = 0-30

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	3,361	2	1,680	4,304	,069
	Intra-grupos	2,343	6	,390		
	Total	5,703	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	,001	2	,000	,009	,991
	Intra-grupos	,230	6	,038		
	Total	,231	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	716,444	2	358,222	29,964	,001
	Intra-grupos	71,731	6	11,955		
	Total	788,175	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	716,431	2	358,215	27,276	,001
	Intra-grupos	78,799	6	13,133		
	Total	795,230	8			

a. DDA = 198, Profundidad (cm) = 0-30

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilización		Subconjunto para alfa = 0.05
	N	1
Control	3	12,710
Dosis recomendada	3	13,440
Suelo desnudo	3	14,207
Sig.		,059

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 198, Profundidad (cm) = 0-30

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilización		Subconjunto para alfa = 0.05
	N	1
Suelo desnudo	3	,66
Dosis recomendada	3	,67
Control	3	,69
Sig.		,990

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 198, Profundidad (cm) = 0-30

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	5,42	
Suelo desnudo	3	5,83	
Dosis recomendada	3		24,55
Sig.		,891	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 198, Profundidad (cm) = 0-30

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	6,11	
Suelo desnudo	3	6,49	
Dosis recomendada	3		25,23
Sig.		,901	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 198, Profundidad (cm) = 0-30

DDA = 198, Profundidad (cm) = 30-60

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	1,353	2	,676	6,001	,037
	Intra-grupos	,676	6	,113		
	Total	2,029	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	,837	2	,419	1,527	,291
	Intra-grupos	1,645	6	,274		
	Total	2,483	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	339,018	2	169,509	100,703	,000
	Intra-grupos	10,100	6	1,683		
	Total	349,118	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	373,532	2	186,766	92,332	,000
	Intra-grupos	12,137	6	2,023		
	Total	385,668	8			

a. DDA = 198, Profundidad (cm) = 30-60

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	13,790	
Dosis recomendada	3	14,073	14,073
Suelo desnudo	3		14,717
Sig.		,341	,057

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 198, Profundidad (cm) = 30-60

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Control	3	,60
Suelo desnudo	3	,69
Dosis recomendada	3	1,29
Sig.		,314

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 198, Profundidad (cm) = 30-60

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	4,06	
Suelo desnudo	3	5,62	
Dosis recomendada	3		17,79
Sig.		,190	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
 b. DDA = 198, Profundidad (cm) = 30-60

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	4,66	
Suelo desnudo	3	6,31	
Dosis recomendada	3		19,07
Sig.		,205	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
 b. DDA = 198, Profundidad (cm) = 30-60

DDA = 198, Profundidad (cm) = 60-90

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	2,485	2	1,242	4,765	,058
	Intra-grupos	1,564	6	,261		
	Total	4,049	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	12,655	2	6,327	6,249	,034
	Intra-grupos	6,075	6	1,012		
	Total	18,730	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	349,407	2	174,704	21,486	,002
	Intra-grupos	48,787	6	8,131		
	Total	398,195	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	495,047	2	247,523	38,892	,000
	Intra-grupos	38,186	6	6,364		
	Total	533,233	8			

a. DDA = 198, Profundidad (cm) = 60-90

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	14,140	
Dosis recomendada	3	14,867	14,867
Suelo desnudo	3		15,423
Sig.		,132	,230

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 198, Profundidad (cm) = 60-90

N-NH4 (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	,76	
Suelo desnudo	3	,81	
Dosis recomendada	3		3,30
Sig.		,959	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 198, Profundidad (cm) = 60-90

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	3,97	
Suelo desnudo	3	4,36	
Dosis recomendada	3		17,38
Sig.		,872	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 198, Profundidad (cm) = 60-90

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	4,73	
Suelo desnudo	3	5,17	
Dosis recomendada	3		20,67
Sig.		,839	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 198, Profundidad (cm) = 60-90

DDA = 206, Profundidad (cm) = 0-30

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	,678	2	,339	,946	,439
	Intra-grupos	2,150	6	,358		
	Total	2,828	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	,005	2	,002	,123	,887
	Intra-grupos	,121	6	,020		
	Total	,126	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	682,347	2	341,174	4,827	,056
	Intra-grupos	424,057	6	70,676		
	Total	1106,405	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	680,233	2	340,116	4,838	,056
	Intra-grupos	421,811	6	70,302		
	Total	1102,044	8			

a. DDA = 206, Profundidad (cm) = 0-30

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Suelo desnudo	3	15,713
Control	3	15,807
Dosis recomendada	3	16,337
Sig.		,457

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
b. DDA = 206, Profundidad (cm) = 0-30

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Dosis recomendada	3	,68
Control	3	,69
Suelo desnudo	3	,73
Sig.		,888

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
b. DDA = 206, Profundidad (cm) = 0-30

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilización	Subconjunto para alfa = 0.05	
	N	1
Control	3	3,64
Suelo desnudo	3	5,70
Dosis recomendada	3	23,05
Sig.		,067

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 206, Profundidad (cm) = 0-30

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilización	Subconjunto para alfa = 0.05	
	N	1
Control	3	4,32
Suelo desnudo	3	6,43
Dosis recomendada	3	23,73
Sig.		,067

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 206, Profundidad (cm) = 0-30

DDA = 206, Profundidad (cm) = 30-60

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	,231	2	,116	,597	,580
	Intra-grupos	1,164	6	,194		
	Total	1,395	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	,012	2	,006	,420	,675
	Intra-grupos	,083	6	,014		
	Total	,094	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	318,372	2	159,186	15,939	,004
	Intra-grupos	59,922	6	9,987		
	Total	378,294	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	315,900	2	157,950	16,479	,004
	Intra-grupos	57,508	6	9,585		
	Total	373,408	8			

a. DDA = 206, Profundidad (cm) = 30-60

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion		Subconjunto para alfa = 0.05
	N	1
Control	3	14,773
Suelo desnudo	3	15,027
Dosis recomendada	3	15,160
Sig.		,562

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 206, Profundidad (cm) = 30-60

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion		Subconjunto para alfa = 0.05
	N	1
Dosis recomendada	3	,63
Control	3	,66
Suelo desnudo	3	,72
Sig.		,656

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 206, Profundidad (cm) = 30-60

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	2,41	
Suelo desnudo	3	5,24	
Dosis recomendada	3		16,20
Sig.		,315	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 206, Profundidad (cm) = 30-60

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	3,07	
Suelo desnudo	3	5,96	
Dosis recomendada	3		16,83
Sig.		,297	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 206, Profundidad (cm) = 30-60

DDA = 206, Profundidad (cm) = 60-90

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	2,043	2	1,021	6,254	,034
	Intra-grupos	,980	6	,163		
	Total	3,023	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	,121	2	,060	2,869	,134
	Intra-grupos	,126	6	,021		
	Total	,247	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	594,225	2	297,113	13,547	,006
	Intra-grupos	131,594	6	21,932		
	Total	725,820	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	609,351	2	304,676	14,247	,005
	Intra-grupos	128,314	6	21,386		
	Total	737,665	8			

a. DDA = 206, Profundidad (cm) = 60-90

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	14,430	
Dosis recomendada	3		15,373
Suelo desnudo	3		15,497
Sig.		1,000	,721

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- b. DDA = 206, Profundidad (cm) = 60-90

N-NH4 (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Control	3	,77
Suelo desnudo	3	,93
Dosis recomendada	3	1,06
Sig.		,117

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- b. DDA = 206, Profundidad (cm) = 60-90

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	3,09	
Suelo desnudo	3	4,87	
Dosis recomendada	3		21,15
Sig.		,657	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 206, Profundidad (cm) = 60-90

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	3,86	
Suelo desnudo	3	5,80	
Dosis recomendada	3		22,21
Sig.		,626	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 206, Profundidad (cm) = 60-90

DDA = 212, Profundidad (cm) = 0-30

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	,143	2	,072	,273	,770
	Intra-grupos	1,577	6	,263		
	Total	1,720	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	114,200	2	57,100	2,777	,140
	Intra-grupos	123,356	6	20,559		
	Total	237,556	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	18854,237	2	9427,119	14,146	,005
	Intra-grupos	3998,520	6	666,420		
	Total	22852,757	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	21627,568	2	10813,784	12,836	,007
	Intra-grupos	5054,694	6	842,449		
	Total	26682,262	8			

a. DDA = 212, Profundidad (cm) = 0-30

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

		Subconjunto para alfa = 0.05
Fertilizacion	N	1
Control	3	12,899
Dosis recomendada	3	13,058
Suelo desnudo	3	13,208
Sig.		,751

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 212, Profundidad (cm) = 0-30

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

		Subconjunto para alfa = 0.05
Fertilizacion	N	1
Suelo desnudo	3	9,35
Control	3	11,22
Dosis recomendada	3	17,66
Sig.		,141

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 212, Profundidad (cm) = 0-30

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	29,17	
Suelo desnudo	3	53,69	
Dosis recomendada	3		136,17
Sig.		,289	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 212, Profundidad (cm) = 0-30

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	40,39	
Suelo desnudo	3	63,03	
Dosis recomendada	3		153,84
Sig.		,376	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 212, Profundidad (cm) = 0-30

DDA = 212, Profundidad (cm) = 30-60

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	6,440	2	3,220	16,758	,004
	Intra-grupos	1,153	6	,192		
	Total	7,593	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	14,173	2	7,086	4,614	,061
	Intra-grupos	9,215	6	1,536		
	Total	23,388	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	17216,802	2	8608,401	10,321	,011
	Intra-grupos	5004,411	6	834,069		
	Total	22221,213	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	17746,994	2	8873,497	11,150	,010
	Intra-grupos	4774,968	6	795,828		
	Total	22521,962	8			

a. DDA = 212, Profundidad (cm) = 30-60

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Dosis recomendada	3	14,232	
Control	3	14,254	
Suelo desnudo	3		16,037
Sig.		,952	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 212, Profundidad (cm) = 30-60

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Suelo desnudo	3	9,11
Control	3	11,10
Dosis recomendada	3	12,14
Sig.		,055

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 212, Profundidad (cm) = 30-60

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	18,21	123,08
Suelo desnudo	3	51,70	
Dosis recomendada	3		
Sig.		,205	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- b. DDA = 212, Profundidad (cm) = 30-60

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	29,30	135,22
Suelo desnudo	3	60,81	
Dosis recomendada	3		
Sig.		,220	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- b. DDA = 212, Profundidad (cm) = 30-60

DDA = 212, Profundidad (cm) = 60-90

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	5,902	2	2,951	11,457	,009
	Intra-grupos	1,545	6	,258		
	Total	7,447	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	6,118	2	3,059	,535	,611
	Intra-grupos	34,289	6	5,715		
	Total	40,407	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	22566,361	2	11283,180	10,697	,011
	Intra-grupos	6329,039	6	1054,840		
	Total	28895,400	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	23134,265	2	11567,132	10,025	,012
	Intra-grupos	6922,856	6	1153,809		
	Total	30057,121	8			

a. DDA = 212, Profundidad (cm) = 60-90

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	15,342	
Dosis recomendada	3	16,305	
Suelo desnudo	3		17,325
Sig.		,059	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 212, Profundidad (cm) = 60-90

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Suelo desnudo	3	11,23
Control	3	12,18
Dosis recomendada	3	13,25
Sig.		,585

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 212, Profundidad (cm) = 60-90

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	19,98	
Suelo desnudo	3	47,28	
Dosis recomendada	3		137,19
Sig.		,343	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 212, Profundidad (cm) = 60-90

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	32,17	
Suelo desnudo	3	58,52	
Dosis recomendada	3		150,45
Sig.		,379	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 212, Profundidad (cm) = 60-90

DDA = 220, Profundidad (cm) = 0-30

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	1,599	2	,800	1,472	,302
	Intra-grupos	3,260	6	,543		
	Total	4,860	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	137,152	2	68,576	1,223	,358
	Intra-grupos	336,342	6	56,057		
	Total	473,494	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	73431,456	2	36715,728	7,613	,023
	Intra-grupos	28935,959	6	4822,660		
	Total	102367,415	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	79907,038	2	39953,519	10,333	,011
	Intra-grupos	23200,310	6	3866,718		
	Total	103107,348	8			

a. DDA = 220, Profundidad (cm) = 0-30

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

		Subconjunto para alfa = 0.05
Fertilizacion	N	1
Suelo desnudo	3	15,876
Control	3	16,038
Dosis recomendada	3	16,840
Sig.		,315

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 220, Profundidad (cm) = 0-30

N-NH4 (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

		Subconjunto para alfa = 0.05
Fertilizacion	N	1
Control	3	5,58
Suelo desnudo	3	6,54
Dosis recomendada	3	14,30
Sig.		,387

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 220, Profundidad (cm) = 0-30

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	14,78	220,84
Suelo desnudo	3	48,02	
Dosis recomendada	3		
Sig.		,579	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 220, Profundidad (cm) = 0-30

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	20,36	235,14
Suelo desnudo	3	54,56	
Dosis recomendada	3		
Sig.		,526	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 220, Profundidad (cm) = 0-30

DDA = 220, Profundidad (cm) = 30-60

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	2,623	2	1,311	6,974	,027
	Intra-grupos	1,128	6	,188		
	Total	3,751	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	3,561	2	1,780	4,047	,077
	Intra-grupos	2,640	6	,440		
	Total	6,200	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	71966,499	2	35983,250	6,536	,031
	Intra-grupos	33033,099	6	5505,516		
	Total	104999,598	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	71062,581	2	35531,290	6,378	,033
	Intra-grupos	33424,799	6	5570,800		
	Total	104487,380	8			

a. DDA = 220, Profundidad (cm) = 30-60

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	15,150	
Dosis recomendada	3	15,606	15,606
Suelo desnudo	3		16,453
Sig.		,245	,054

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 220, Profundidad (cm) = 30-60

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Dosis recomendada	3	4,99
Control	3	6,00
Suelo desnudo	3	6,50
Sig.		,071

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 220, Profundidad (cm) = 30-60

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	10,90	
Suelo desnudo	3	39,30	
Dosis recomendada	3		213,19
Sig.		,656	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 220, Profundidad (cm) = 30-60

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	16,90	
Suelo desnudo	3	45,79	
Dosis recomendada	3		218,17
Sig.		,652	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 220, Profundidad (cm) = 30-60

## DDA = 220, Profundidad (cm) = 60-90

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter- grupos	12,951	2	6,475	23,066	,002
	Intra- grupos	1,684	6	,281		
	Total	14,635	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter- grupos	9,683	2	4,842	1,174	,371
	Intra- grupos	24,755	6	4,126		
	Total	34,438	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter- grupos	113405,639	2	56702,820	31,075	,001
	Intra- grupos	10948,363	6	1824,727		
	Total	124354,002	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter- grupos	115403,078	2	57701,539	34,486	,001
	Intra- grupos	10039,223	6	1673,204		
	Total	125442,301	8			

a. DDA = 220, Profundidad (cm) = 60-90

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Control	3	15,029		
Dosis recomendada	3		16,498	
Suelo desnudo	3			17,967
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 220, Profundidad (cm) = 60-90

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Control	3	6,23
Suelo desnudo	3	7,28
Dosis recomendada	3	8,76
Sig.		,345

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 220, Profundidad (cm) = 60-90

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	7,20	
Suelo desnudo	3	35,54	
Dosis recomendada	3		258,22
Sig.		,447	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 220, Profundidad (cm) = 60-90

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	13,43	
Suelo desnudo	3	42,82	
Dosis recomendada	3		266,98
Sig.		,413	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 220, Profundidad (cm) = 60-90

DDA = 226, Profundidad (cm) = 0-30

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	,219	2	,110	,116	,893
	Intra-grupos	5,686	6	,948		
	Total	5,905	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	5,602	2	2,801	14,446	,005
	Intra-grupos	1,163	6	,194		
	Total	6,766	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	55191,182	2	27595,591	12,318	,008
	Intra-grupos	13442,103	6	2240,351		
	Total	68633,285	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	55731,468	2	27865,734	12,346	,007
	Intra-grupos	13542,449	6	2257,075		
	Total	69273,917	8			

a. DDA = 226, Profundidad (cm) = 0-30

**Pruebas post hoc**

**Subconjuntos homogéneos**

**Humedad suelo (%)<sup>b</sup>**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Control	3	13,543
Dosis recomendada	3	13,809
Suelo desnudo	3	13,914
Sig.		,889

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 226, Profundidad (cm) = 0-30

**N-NH4 (kg/ha)<sup>b</sup>**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Suelo desnudo	3	7,82	
Control	3		9,32
Dosis recomendada	3		9,62
Sig.		1,000	,437

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 226, Profundidad (cm) = 0-30

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	12,87	
Suelo desnudo	3	46,74	
Dosis recomendada	3		193,31
Sig.		,414	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 226, Profundidad (cm) = 0-30

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	22,19	
Suelo desnudo	3	54,56	
Dosis recomendada	3		202,93
Sig.		,436	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 226, Profundidad (cm) = 0-30

## DDA = 226, Profundidad (cm) = 30-60

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	7,552	2	3,776	4,399	,067
	Intra-grupos	5,150	6	,858		
	Total	12,702	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	2,940	2	1,470	,241	,793
	Intra-grupos	36,580	6	6,097		
	Total	39,520	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	32277,862	2	16138,931	16,636	,004
	Intra-grupos	5820,892	6	970,149		
	Total	38098,754	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	32489,634	2	16244,817	15,833	,004
	Intra-grupos	6155,892	6	1025,982		
	Total	38645,526	8			

a. DDA = 226, Profundidad (cm) = 30-60

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

		Subconjunto para alfa = 0.05
Fertilizacion	N	1
Control	3	13,857
Dosis recomendada	3	13,968
Suelo desnudo	3	15,853
Sig.		,086

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 226, Profundidad (cm) = 30-60

N-NH4 (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

		Subconjunto para alfa = 0.05
Fertilizacion	N	1
Control	3	9,58
Dosis recomendada	3	10,46
Suelo desnudo	3	10,97
Sig.		,780

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 226, Profundidad (cm) = 30-60

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	11,44	
Suelo desnudo	3	40,00	
Dosis recomendada	3		150,33
Sig.		,304	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 226, Profundidad (cm) = 30-60

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	21,03	
Suelo desnudo	3	50,97	
Dosis recomendada	3		160,79
Sig.		,296	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 226, Profundidad (cm) = 30-60

DDA = 226, Profundidad (cm) = 60-90

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	21,740	2	10,870	10,032	,012
	Intra-grupos	6,501	6	1,084		
	Total	28,241	8			
N-NH <sub>4</sub> (kg/ha)	Inter-grupos	3,838	2	1,919	2,467	,165
	Intra-grupos	4,666	6	,778		
	Total	8,504	8			
N-NO <sub>3</sub> (kg/ha)	Inter-grupos	85499,006	2	42749,503	48,548	,000
	Intra-grupos	5283,414	6	880,569		
	Total	90782,420	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	86592,495	2	43296,247	50,807	,000
	Intra-grupos	5112,977	6	852,163		
	Total	91705,472	8			

a. DDA = 226, Profundidad (cm) = 60-90

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	13,477	
Dosis recomendada	3	15,548	15,548
Suelo desnudo	3		17,279
Sig.		,051	,088

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 226, Profundidad (cm) = 60-90

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Suelo desnudo	3	9,29
Control	3	9,63
Dosis recomendada	3	10,81
Sig.		,167

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 226, Profundidad (cm) = 60-90

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	17,02	
Suelo desnudo	3	41,04	
Dosis recomendada	3		236,07
Sig.		,353	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 226, Profundidad (cm) = 60-90

DDA = 238, Profundidad (cm) = 0-30

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	,530	2	,265	,819	,485
	Intra-grupos	1,943	6	,324		
	Total	2,473	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	5,750	2	2,875	,754	,510
	Intra-grupos	22,887	6	3,815		
	Total	28,637	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	1980,395	2	990,197	6,807	,029
	Intra-grupos	872,783	6	145,464		
	Total	2853,178	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	1820,401	2	910,201	5,385	,046
	Intra-grupos	1014,063	6	169,010		
	Total	2834,464	8			

a. DDA = 238, Profundidad (cm) = 0-30

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

		Subconjunto para alfa = 0.05
Fertilizacion	N	1
Control	3	16,320
Suelo desnudo	3	16,702
Dosis recomendada	3	16,906
Sig.		,465

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 238, Profundidad (cm) = 0-30

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

		Subconjunto para alfa = 0.05
Fertilizacion	N	1
Dosis recomendada	3	5,95
Suelo desnudo	3	7,51
Control	3	7,76
Sig.		,530

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 238, Profundidad (cm) = 0-30

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	11,56	
Suelo desnudo	3		37,90
Dosis recomendada	3		46,41
Sig.		1,000	,421

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 238, Profundidad (cm) = 0-30

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	19,33	
Suelo desnudo	3		45,41
Dosis recomendada	3		52,37
Sig.		1,000	,537

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 238, Profundidad (cm) = 0-30

DDA = 238, Profundidad (cm) = 30-60

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	2,126	2	1,063	2,423	,169
	Intra-grupos	2,633	6	,439		
	Total	4,759	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	923,277	2	461,638	,974	,430
	Intra-grupos	2844,328	6	474,055		
	Total	3767,604	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	4002,745	2	2001,372	5,232	,048
	Intra-grupos	2295,108	6	382,518		
	Total	6297,853	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	8380,002	2	4190,001	2,694	,146
	Intra-grupos	9333,417	6	1555,569		
	Total	17713,419	8			

a. DDA = 238, Profundidad (cm) = 30-60

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

		Subconjunto para alfa = 0.05
Fertilizacion	N	1
Dosis recomendada	3	15,477
Control	3	15,704
Suelo desnudo	3	16,602
Sig.		,174

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 238, Profundidad (cm) = 30-60

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

		Subconjunto para alfa = 0.05
Fertilizacion	N	1
Suelo desnudo	3	6,05
Control	3	7,43
Dosis recomendada	3	28,19
Sig.		,472

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 238, Profundidad (cm) = 30-60

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	7,98	
Suelo desnudo	3	28,05	28,05
Dosis recomendada	3		59,24
Sig.		,256	,099

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
 b. DDA = 238, Profundidad (cm) = 30-60

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Control	3	15,42
Suelo desnudo	3	34,10
Dosis recomendada	3	87,43
Sig.		,143

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
 b. DDA = 238, Profundidad (cm) = 30-60

DDA = 238, Profundidad (cm) = 60-90

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	34,370	2	17,185	7,102	,026
	Intra-grupos	14,518	6	2,420		
	Total	48,888	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	14,788	2	7,394	1,216	,360
	Intra-grupos	36,478	6	6,080		
	Total	51,267	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	25211,377	2	12605,689	59,939	,000
	Intra-grupos	1261,850	6	210,308		
	Total	26473,227	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	26325,479	2	13162,740	84,449	,000
	Intra-grupos	935,195	6	155,866		
	Total	27260,674	8			

a. DDA = 238, Profundidad (cm) = 60-90

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Dosis recomendada	3	13,822	
Control	3	14,150	
Suelo desnudo	3		18,122
Sig.		,804	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 238, Profundidad (cm) = 60-90

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Control	3	6,53
Suelo desnudo	3	8,38
Dosis recomendada	3	9,65
Sig.		,335

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 238, Profundidad (cm) = 60-90

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	3,34	
Suelo desnudo	3	26,65	
Dosis recomendada	3		125,44
Sig.		,097	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
 b. DDA = 238, Profundidad (cm) = 60-90

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Control	3	9,87		
Suelo desnudo	3		35,03	
Dosis recomendada	3			135,09
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
 b. DDA = 238, Profundidad (cm) = 60-90

DDA = 252, Profundidad (cm) = 0-30

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	,372	2	,186	,698	,534
	Intra-grupos	1,600	6	,267		
	Total	1,972	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	25,263	2	12,632	2,526	,160
	Intra-grupos	30,009	6	5,002		
	Total	55,273	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	10558,960	2	5279,480	1,397	,318
	Intra-grupos	22669,912	6	3778,319		
	Total	33228,872	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	9792,394	2	4896,197	1,288	,342
	Intra-grupos	22808,395	6	3801,399		
	Total	32600,789	8			

a. DDA = 252, Profundidad (cm) = 0-30

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Suelo desnudo	3	17,897
Control	3	18,032
Dosis recomendada	3	18,379
Sig.		,524

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 252, Profundidad (cm) = 0-30

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Dosis recomendada	3	8,69
Suelo desnudo	3	9,31
Control	3	12,52
Sig.		,171

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 252, Profundidad (cm) = 0-30

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion		Subconjunto para alfa = 0.05
	N	1
Control	3	12,01
Suelo desnudo	3	28,59
Dosis recomendada	3	91,53
Sig.		,322

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- b. DDA = 252, Profundidad (cm) = 0-30

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion		Subconjunto para alfa = 0.05
	N	1
Control	3	24,53
Suelo desnudo	3	37,90
Dosis recomendada	3	100,22
Sig.		,354

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- b. DDA = 252, Profundidad (cm) = 0-30

DDA = 252, Profundidad (cm) = 30-60

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	,021	2	,010	,033	,967
	Intra-grupos	1,849	6	,308		
	Total	1,869	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	8,369	2	4,185	,962	,434
	Intra-grupos	26,109	6	4,352		
	Total	34,478	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	10727,845	2	5363,922	1,595	,278
	Intra-grupos	20182,817	6	3363,803		
	Total	30910,662	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	11054,491	2	5527,245	1,570	,283
	Intra-grupos	21118,667	6	3519,778		
	Total	32173,158	8			

a. DDA = 252, Profundidad (cm) = 30-60

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Control	3	16,704
Suelo desnudo	3	16,793
Dosis recomendada	3	16,815
Sig.		,968

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
b. DDA = 252, Profundidad (cm) = 30-60

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Control	3	7,53
Dosis recomendada	3	9,43
Suelo desnudo	3	9,70
Sig.		,459

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
b. DDA = 252, Profundidad (cm) = 30-60

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Control	3	10,10
Suelo desnudo	3	22,83
Dosis recomendada	3	88,87
Sig.		,293

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 252, Profundidad (cm) = 30-60

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Control	3	17,63
Suelo desnudo	3	32,53
Dosis recomendada	3	98,30
Sig.		,292

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 252, Profundidad (cm) = 30-60

DDA = 252, Profundidad (cm) = 60-90

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	11,681	2	5,840	4,158	,074
	Intra-grupos	8,428	6	1,405		
	Total	20,109	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	41,475	2	20,737	,858	,470
	Intra-grupos	145,092	6	24,182		
	Total	186,567	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	29131,323	2	14565,662	78,295	,000
	Intra-grupos	1116,220	6	186,037		
	Total	30247,543	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	27472,379	2	13736,190	64,299	,000
	Intra-grupos	1281,772	6	213,629		
	Total	28754,151	8			

a. DDA = 252, Profundidad (cm) = 60-90

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	Subconjunto para alfa = 0.05	
	N	
Dosis recomendada	3	14,767
Control	3	16,193
Suelo desnudo	3	17,557
Sig.		,063

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 252, Profundidad (cm) = 60-90

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	Subconjunto para alfa = 0.05	
	N	
Dosis recomendada	3	7,49
Control	3	9,75
Suelo desnudo	3	12,73
Sig.		,443

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 252, Profundidad (cm) = 60-90

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	7,52	
Suelo desnudo	3	19,10	
Dosis recomendada	3		133,58
Sig.		,339	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 252, Profundidad (cm) = 60-90

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	17,27	
Suelo desnudo	3	31,83	
Dosis recomendada	3		141,07
Sig.		,268	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 252, Profundidad (cm) = 60-90

DDA = 259, Profundidad (cm) = 0-30

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	1,318	2	,659	1,117	,387
	Intra-grupos	3,538	6	,590		
	Total	4,856	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	8,898	2	4,449	,318	,739
	Intra-grupos	83,999	6	14,000		
	Total	92,897	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	2278,805	2	1139,402	18,463	,003
	Intra-grupos	370,282	6	61,714		
	Total	2649,086	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	2468,409	2	1234,205	18,150	,003
	Intra-grupos	407,999	6	68,000		
	Total	2876,408	8			

a. DDA = 259, Profundidad (cm) = 0-30

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilización		Subconjunto para alfa = 0.05
	N	1
Dosis recomendada	3	22,443
Control	3	22,468
Suelo desnudo	3	23,267
Sig.		,439

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
b. DDA = 259, Profundidad (cm) = 0-30

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilización		Subconjunto para alfa = 0.05
	N	1
Suelo desnudo	3	10,95
Control	3	11,69
Dosis recomendada	3	13,33
Sig.		,729

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
b. DDA = 259, Profundidad (cm) = 0-30

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Control	3	13,28		
Suelo desnudo	3		34,51	
Dosis recomendada	3			52,20
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 259, Profundidad (cm) = 0-30

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Control	3	24,97		
Suelo desnudo	3		45,46	
Dosis recomendada	3			65,53
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 259, Profundidad (cm) = 0-30

DDA = 259, Profundidad (cm) = 30-60

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	3,685	2	1,843	5,027	,052
	Intra-grupos	2,199	6	,367		
	Total	5,885	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	,408	2	,204	,066	,937
	Intra-grupos	18,573	6	3,095		
	Total	18,981	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	16576,168	2	8288,084	5,824	,039
	Intra-grupos	8538,821	6	1423,137		
	Total	25114,988	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	16538,786	2	8269,393	5,602	,042
	Intra-grupos	8856,537	6	1476,089		
	Total	25395,322	8			

a. DDA = 259, Profundidad (cm) = 30-60

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Dosis recomendada	3	21,411
Control	3	21,517
Suelo desnudo	3	22,819
Sig.		,066

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 259, Profundidad (cm) = 30-60

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Suelo desnudo	3	11,20
Dosis recomendada	3	11,44
Control	3	11,73
Sig.		,931

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 259, Profundidad (cm) = 30-60

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	11,13	
Suelo desnudo	3	28,50	
Dosis recomendada	3		109,60
Sig.		,593	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
 b. DDA = 259, Profundidad (cm) = 30-60

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	22,85	
Suelo desnudo	3	39,71	
Dosis recomendada	3		121,04
Sig.		,610	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
 b. DDA = 259, Profundidad (cm) = 30-60

DDA = 259, Profundidad (cm) = 60-90

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	29,297	2	14,648	10,693	,011
	Intra-grupos	8,219	6	1,370		
	Total	37,516	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	25,031	2	12,515	1,014	,418
	Intra-grupos	74,071	6	12,345		
	Total	99,101	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	41296,116	2	20648,058	144,258	,000
	Intra-grupos	858,798	6	143,133		
	Total	42154,914	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	40673,331	2	20336,665	150,181	,000
	Intra-grupos	812,488	6	135,415		
	Total	41485,819	8			

a. DDA = 259, Profundidad (cm) = 60-90

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Dosis recomendada	3	19,569	
Control	3	20,396	
Suelo desnudo	3		23,742
Sig.		,420	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 259, Profundidad (cm) = 60-90

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Suelo desnudo	3	13,20
Dosis recomendada	3	14,47
Control	3	17,19
Sig.		,401

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 259, Profundidad (cm) = 60-90

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	8,51	
Suelo desnudo	3	28,21	
Dosis recomendada	3		161,04
Sig.		,090	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
 b. DDA = 259, Profundidad (cm) = 60-90

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	25,71	
Suelo desnudo	3	41,41	
Dosis recomendada	3		175,51
Sig.		,150	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
 b. DDA = 259, Profundidad (cm) = 60-90

DDA = 266, Profundidad (cm) = 0-30

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	2,059	2	1,030	1,659	,267
	Intra-grupos	3,724	6	,621		
	Total	5,783	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	111,294	2	55,647	3,709	,089
	Intra-grupos	90,030	6	15,005		
	Total	201,324	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	6244,687	2	3122,343	3,925	,081
	Intra-grupos	4773,531	6	795,589		
	Total	11018,218	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	5303,721	2	2651,860	3,002	,125
	Intra-grupos	5300,997	6	883,500		
	Total	10604,718	8			

a. DDA = 266, Profundidad (cm) = 0-30

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Control	3	14,600
Dosis recomendada	3	15,427
Suelo desnudo	3	15,732
Sig.		,260

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 266, Profundidad (cm) = 0-30

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Suelo desnudo	3	12,20
Dosis recomendada	3	18,83
Control	3	20,27
Sig.		,095

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 266, Profundidad (cm) = 0-30

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Control	3	13,08
Suelo desnudo	3	68,69
Dosis recomendada	3	69,22
Sig.		,110

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 266, Profundidad (cm) = 0-30

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Control	3	33,35
Suelo desnudo	3	80,89
Dosis recomendada	3	88,06
Sig.		,140

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 266, Profundidad (cm) = 0-30

DDA = 266, Profundidad (cm) = 30-60  
Pruebas post hoc

**Subconjuntos homogéneos**

**Humedad suelo (%)<sup>b</sup>**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	14,815	
Dosis recomendada	3	15,450	15,450
Suelo desnudo	3		16,286
Sig.		,144	,068

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
b. DDA = 266, Profundidad (cm) = 30-60

**N-NH4 (kg/ha)<sup>b</sup>**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Suelo desnudo	3	12,96
Control	3	13,72
Dosis recomendada	3	19,89
Sig.		,299

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
b. DDA = 266, Profundidad (cm) = 30-60

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	22,73	
Suelo desnudo	3	39,54	39,54
Dosis recomendada	3		59,21
Sig.		,132	,088

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
 b. DDA = 266, Profundidad (cm) = 30-60

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	36,45	
Suelo desnudo	3	52,50	52,50
Dosis recomendada	3		79,11
Sig.		,215	,061

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
 b. DDA = 266, Profundidad (cm) = 30-60

DDA = 266, Profundidad (cm) = 60-90

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter- grupos	22,349	2	11,175	52,895	,000
	Intra- grupos	1,268	6	,211		
	Total	23,617	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter- grupos	84,802	2	42,401	,377	,701
	Intra- grupos	673,982	6	112,330		
	Total	758,784	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter- grupos	33077,588	2	16538,794	37,540	,000
	Intra- grupos	2643,371	6	440,562		
	Total	35720,959	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter- grupos	36193,966	2	18096,983	20,541	,002
	Intra- grupos	5286,184	6	881,031		
	Total	41480,150	8			

a. DDA = 266, Profundidad (cm) = 60-90

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Control	3	14,034		
Dosis recomendada	3		15,399	
Suelo desnudo	3			17,843
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 266, Profundidad (cm) = 60-90

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Suelo desnudo	3	14,73
Control	3	16,80
Dosis recomendada	3	22,02
Sig.		,692

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 266, Profundidad (cm) = 60-90

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	13,87	152,63
Suelo desnudo	3	37,46	
Dosis recomendada	3		
Sig.		,218	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
 b. DDA = 266, Profundidad (cm) = 60-90

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	30,67	174,66
Suelo desnudo	3	52,18	
Dosis recomendada	3		
Sig.		,409	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
 b. DDA = 266, Profundidad (cm) = 60-90

DDA = 273, Profundidad (cm) = 0-30

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	,725	2	,363	,494	,633
	Intra-grupos	4,401	6	,734		
	Total	5,127	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	111,294	2	55,647	3,709	,089
	Intra-grupos	90,030	6	15,005		
	Total	201,324	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	2872,606	2	1436,303	6,077	,036
	Intra-grupos	1418,107	6	236,351		
	Total	4290,713	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	3274,663	2	1637,331	4,928	,054
	Intra-grupos	1993,698	6	332,283		
	Total	5268,361	8			

a. DDA = 273, Profundidad (cm) = 0-30

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	Subconjunto para alfa = 0.05	
	N	
Control	3	12,687
Dosis recomendada	3	12,955
Suelo desnudo	3	13,377
Sig.		,611

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 273, Profundidad (cm) = 0-30

N-NH4 (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	Subconjunto para alfa = 0.05	
	N	
Suelo desnudo	3	12,20
Dosis recomendada	3	18,83
Control	3	20,27
Sig.		,095

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 273, Profundidad (cm) = 0-30

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	27,04	
Suelo desnudo	3	31,23	
Dosis recomendada	3		66,86
Sig.		,750	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
 b. DDA = 273, Profundidad (cm) = 0-30

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Suelo desnudo	3	43,43
Control	3	47,31
Dosis recomendada	3	85,69
Sig.		,066

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
 b. DDA = 273, Profundidad (cm) = 0-30

DDA = 273, Profundidad (cm) = 30-60

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	4,641	2	2,321	4,137	,074
	Intra-grupos	3,365	6	,561		
	Total	8,007	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	99,623	2	49,812	1,628	,272
	Intra-grupos	183,635	6	30,606		
	Total	283,258	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	1642,613	2	821,306	6,409	,032
	Intra-grupos	768,936	6	128,156		
	Total	2411,549	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	2494,126	2	1247,063	4,783	,057
	Intra-grupos	1564,456	6	260,743		
	Total	4058,582	8			

a. DDA = 273, Profundidad (cm) = 30-60

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion		Subconjunto para alfa = 0.05
	N	1
Dosis recomendada	3	13,492
Control	3	13,770
Suelo desnudo	3	15,135
Sig.		,080

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
b. DDA = 273, Profundidad (cm) = 30-60

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion		Subconjunto para alfa = 0.05
	N	1
Suelo desnudo	3	13,88
Control	3	14,70
Dosis recomendada	3	21,31
Sig.		,299

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
b. DDA = 273, Profundidad (cm) = 30-60

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	18,54	
Suelo desnudo	3	27,62	
Dosis recomendada	3		50,64
Sig.		,364	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 273, Profundidad (cm) = 30-60

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Control	3	33,24
Suelo desnudo	3	41,50
Dosis recomendada	3	71,95
Sig.		,059

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 273, Profundidad (cm) = 30-60

DDA = 273, Profundidad (cm) = 60-90

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	25,180	2	12,590	10,070	,012
	Intra-grupos	7,501	6	1,250		
	Total	32,681	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	97,358	2	48,679	,378	,701
	Intra-grupos	773,693	6	128,949		
	Total	871,051	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	11624,386	2	5812,193	5,353	,046
	Intra-grupos	6514,973	6	1085,829		
	Total	18139,359	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	13659,485	2	6829,742	3,666	,091
	Intra-grupos	11177,282	6	1862,880		
	Total	24836,767	8			

a. DDA = 273, Profundidad (cm) = 60-90

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Dosis recomendada	3	13,210	
Control	3	13,366	
Suelo desnudo	3		16,834
Sig.		,870	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 273, Profundidad (cm) = 60-90

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Suelo desnudo	3	15,78
Control	3	18,00
Dosis recomendada	3	23,60
Sig.		,692

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 273, Profundidad (cm) = 60-90

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion		Subconjunto para alfa = 0.05
	N	1
Control	3	11,42
Suelo desnudo	3	24,22
Dosis recomendada	3	93,24
Sig.		,052

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 273, Profundidad (cm) = 60-90

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion		Subconjunto para alfa = 0.05
	N	1
Control	3	29,42
Suelo desnudo	3	39,99
Dosis recomendada	3	116,84
Sig.		,105

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 273, Profundidad (cm) = 60-90

DDA = 350, Profundidad (cm) = 0-30

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	,550	2	,275	,692	,537
	Intra-grupos	2,384	6	,397		
	Total	2,934	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	32,752	2	16,376	1,353	,327
	Intra-grupos	72,637	6	12,106		
	Total	105,389	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	460,384	2	230,192	3,655	,092
	Intra-grupos	377,918	6	62,986		
	Total	838,301	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	341,696	2	170,848	1,879	,232
	Intra-grupos	545,430	6	90,905		
	Total	887,126	8			

a. DDA = 350, Profundidad (cm) = 0-30

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Control	3	17,552
Suelo desnudo	3	17,822
Dosis recomendada	3	18,157
Sig.		,509

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
b. DDA = 350, Profundidad (cm) = 0-30

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Suelo desnudo	3	10,60
Dosis recomendada	3	10,67
Control	3	14,68
Sig.		,383

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
b. DDA = 350, Profundidad (cm) = 0-30

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Control	3	23,93
Suelo desnudo	3	26,64
Dosis recomendada	3	40,27
Sig.		,099

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 350, Profundidad (cm) = 0-30

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Suelo desnudo	3	37,24
Control	3	38,61
Dosis recomendada	3	50,94
Sig.		,260

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

b. DDA = 350, Profundidad (cm) = 0-30

DDA = 350, Profundidad (cm) = 30-60

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	,564	2	,282	1,070	,401
	Intra-grupos	1,582	6	,264		
	Total	2,146	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	32,384	2	16,192	2,884	,133
	Intra-grupos	33,689	6	5,615		
	Total	66,073	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	1471,359	2	735,680	8,649	,017
	Intra-grupos	510,380	6	85,063		
	Total	1981,739	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	1524,924	2	762,462	11,343	,009
	Intra-grupos	403,309	6	67,218		
	Total	1928,233	8			

a. DDA = 350, Profundidad (cm) = 30-60

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Dosis recomendada	3	16,554
Control	3	16,638
Suelo desnudo	3	17,122
Sig.		,419

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 350, Profundidad (cm) = 30-60

N-NH<sub>4</sub> (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Suelo desnudo	3	6,99
Dosis recomendada	3	10,30
Control	3	11,47
Sig.		,129

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 350, Profundidad (cm) = 30-60

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	16,09	
Suelo desnudo	3	22,95	
Dosis recomendada	3		45,98
Sig.		,398	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
 b. DDA = 350, Profundidad (cm) = 30-60

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	27,56	
Suelo desnudo	3	29,94	
Dosis recomendada	3		56,28
Sig.		,735	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
 b. DDA = 350, Profundidad (cm) = 30-60

## DDA = 350, Profundidad (cm) = 60-90

ANOVA<sup>a</sup>

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Humedad suelo (%)	Inter-grupos	4,345	2	2,172	4,149	,074
	Intra-grupos	3,142	6	,524		
	Total	7,487	8			
N-NH4 (kg/ha)	Inter-grupos	60,498	2	30,249	,677	,543
	Intra-grupos	268,058	6	44,676		
	Total	328,556	8			
N-NO3(kg/ha)	Inter-grupos	7155,310	2	3577,655	9,575	,014
	Intra-grupos	2241,770	6	373,628		
	Total	9397,079	8			
N-MIN (kg/ha)	Inter-grupos	6593,292	2	3296,646	6,650	,030
	Intra-grupos	2974,483	6	495,747		
	Total	9567,775	8			

a. DDA = 350, Profundidad (cm) = 60-90

## Pruebas post hoc

## Subconjuntos homogéneos

Humedad suelo (%)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion		Subconjunto para alfa = 0.05
	N	1
Control	3	16,684
Dosis recomendada	3	16,967
Suelo desnudo	3	18,279
Sig.		,079

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
b. DDA = 350, Profundidad (cm) = 60-90

N-NH4 (kg/ha)<sup>b</sup>Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion		Subconjunto para alfa = 0.05
	N	1
Suelo desnudo	3	8,72
Dosis recomendada	3	9,59
Control	3	14,60
Sig.		,560

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.  
b. DDA = 350, Profundidad (cm) = 60-90

**N-NO<sub>3</sub>(kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	10,31	73,49
Suelo desnudo	3	17,73	
Dosis recomendada	3		
Sig.		,655	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 350, Profundidad (cm) = 60-90

**N-MIN (kg/ha)<sup>b</sup>**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Fertilizacion	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control	3	24,91	83,08
Suelo desnudo	3	26,45	
Dosis recomendada	3		
Sig.		,935	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.
- DDA = 350, Profundidad (cm) = 60-90

## 8.2 Anejos estadística eficiencia abonado N

## ANOVA de un factor

## Notas

	Resultados creados	06-may-2010 11:18:14
	Comentarios	
Entrada	Datos	C:\Documents and Settings atxo\Mis documentos\IRAKASKUNTZA\Karrera Amaitzeko Lanak\EN PROCESO\francisco igual\N planta kadreita 2008.sav
	Conjunto de datos activo	Conjunto_de_datos1
	Filtro	<ninguno>
	Peso	<ninguno>
	Segmentar archivo	<ninguno>
	Núm. de filas del archivo de trabajo	21
Tratamiento de los valores perdidos	Definición de los valores perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario serán tratados como perdidos.
	Casos utilizados	Los estadísticos de cada análisis se basan en los casos sin datos perdidos para cualquier variable en el análisis.
	Sintaxis	ONEWAY EUNA BY Trat /MISSING ANALYSIS /POSTHOC=SNK ALPHA(0.05).
Recursos	Tiempo de procesador	0:00:00.063
	Tiempo transcurrido	0:00:00.078

**ANOVA**

Eficiencia uso N abono

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,782	5	,156	56,470	,000
Intra-grupos	,033	12	,003		
Total	,815	17			

**Pruebas post hoc**

**Subconjuntos homogéneos**

Eficiencia uso N abono

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
375 kgN/ha	3	,1783				
300 kgN/ha	3	,2417	,2417			
240+40 kg/Nha	3		,3240	,3240		
225 kgN/ha	3			,3807		
150 kgN/Gha	3				,4883	
75 kg N/ha	3					,8153
Sig.		,166	,079	,212	1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

### 8.3 Anejos estadística análisis foliar

#### ANOVA de un factor

**Notas**

	Resultados creados	06-may-2010 11:03:18
	Comentarios	
Entrada	Datos	C:\Documents and Settings atxo\Mis documentos\IRAKASKUNTZA\Karrera Amaitzeko Lanak\EN PROCESO\francisco igual\N planta kadreita 2008.sav
	Conjunto de datos activo	Conjunto_de_datos0
	Filtro	<ninguno>
	Peso	<ninguno>
	Segmentar archivo	<ninguno>
	Núm. de filas del archivo de trabajo	21
Tratamiento de los valores perdidos	Definición de los valores perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario serán tratados como perdidos.
	Casos utilizados	Los estadísticos de cada análisis se basan en los casos sin datos perdidos para cualquier variable en el análisis.
	Sintaxis	ONEWAY fkggha fkgghams fkgghantotal fms fntotal hkgha hkghams hkghantotal hms hntotal tkgha tkghams tkghantotal tms tntotal Zkgha zkghams zkghantotal zms zntotal Skgha skghams skghantotal sms sntotal HIWET HIDRY BY Trat /MISSING ANALYSIS /POSTHOC=SNK ALPHA(0.05).
Recursos	Tiempo de procesador	0:00:00.235
	Tiempo transcurrido	0:00:00.235

## ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Grain kg/ha	Inter-grupos	3,122E7	6	5203157,041	3,878	,017
	Intra-grupos	1,878E7	14	1341555,688		
	Total	5,000E7	20			
Grain kg MS /ha	Inter-grupos	3856682,465	6	642780,411	2,304	,093
	Intra-grupos	3905530,240	14	278966,446		
	Total	7762212,705	20			
Grain kgN/ha	Inter-grupos	1705,196	6	284,199	4,435	,010
	Intra-grupos	897,119	14	64,080		
	Total	2602,315	20			
Grain dry matter %	Inter-grupos	,245	6	,041	,429	,848
	Intra-grupos	1,334	14	,095		
	Total	1,579	20			
Grain N (%)	Inter-grupos	,217	6	,036	12,427	,000
	Intra-grupos	,041	14	,003		
	Total	,258	20			
Leaves kg/ha	Inter-grupos	4218942,318	6	703157,053	2,228	,102
	Intra-grupos	4419357,862	14	315668,419		
	Total	8638300,180	20			
Leaves kg MS /ha	Inter-grupos	,908	6	,151	,538	,771
	Intra-grupos	3,938	14	,281		
	Total	4,846	20			
Leaves kgN/ha	Inter-grupos	,541	6	,090	3,420	,027
	Intra-grupos	,369	14	,026		
	Total	,911	20			
Leaves dry matter %	Inter-grupos	,141	6	,023	1,002	,462
	Intra-grupos	,327	14	,023		
	Total	,468	20			
Leaves N (%)	Inter-grupos	,600	6	,100	3,524	,024
	Intra-grupos	,397	14	,028		
	Total	,996	20			
Stem kg/ha	Inter-grupos	1932070,301	6	322011,717	1,968	,139

	Intra-grupos	2290533,008	14	163609,501		
	Total	4222603,309	20			
Stem kg MS /ha	Inter-grupos	,450	6	,075	,895	,525
	Intra-grupos	1,175	14	,084		
	Total	1,625	20			
Stem kgN/ha	Inter-grupos	,115	6	,019	,695	,658
	Intra-grupos	,386	14	,028		
	Total	,501	20			
Stem dry matter %	Inter-grupos	,225	6	,038	,676	,672
	Intra-grupos	,777	14	,056		
	Total	1,002	20			
Stem N (%)	Inter-grupos	,124	6	,021	,688	,663
	Intra-grupos	,420	14	,030		
	Total	,544	20			
Ear kg/ha	Inter-grupos	226891,855	6	37815,309	1,446	,266
	Intra-grupos	366204,095	14	26157,435		
	Total	593095,950	20			
Ear kg MS /ha	Inter-grupos	211873,495	6	35312,249	1,450	,265
	Intra-grupos	340935,326	14	24352,523		
	Total	552808,821	20			
Ear kgN/ha	Inter-grupos	362,191	6	60,365	3,142	,036
	Intra-grupos	268,973	14	19,212		
	Total	631,164	20			
Ear dry matter %	Inter-grupos	,507	6	,085	,326	,912
	Intra-grupos	3,629	14	,259		
	Total	4,136	20			
Ear N (%)	Inter-grupos	1,129	6	,188	3,357	,029
	Intra-grupos	,785	14	,056		
	Total	1,913	20			
Shoot kg/ha	Inter-grupos	8,347E7	6	1,391E7	3,508	,025
	Intra-grupos	5,552E7	14	3965580,839		
	Total	1,390E8	20			
shoot kg MS /ha	Inter-grupos	5629000,060	6	938166,677	2,316	,092
	Intra-grupos	5671663,328	14	405118,809		

	Total	1,130E7	20			
shoot kgN/ha	Inter-grupos	2967,239	6	494,540	5,274	,005
	Intra-grupos	1312,769	14	93,769		
	Total	4280,008	20			
shoot dry matter %	Inter-grupos	2,102	6	,350	,874	,538
	Intra-grupos	5,609	14	,401		
	Total	7,711	20			
shoot N (%)	Inter-grupos	3,851	6	,642	4,549	,009
	Intra-grupos	1,975	14	,141		
	Total	5,826	20			
Harvest Index (wet)	Inter-grupos	,006	6	,001	1,754	,181
	Intra-grupos	,008	14	,001		
	Total	,014	20			
Harvest Index (dry)	Inter-grupos	,002	6	,000	,937	,499
	Intra-grupos	,005	14	,000		
	Total	,007	20			

**Pruebas post hoc**

**Subconjuntos homogéneos**

**Grain kg/ha**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Testigo	3	8127,3833	
375 kgN/ha	3	9211,9033	9211,9033
75 kg N/ha	3	10591,6667	10591,6667
225 kgN/ha	3		11056,4300
300 kgN/ha	3		11187,3800
150 kgN/Gha	3		11415,4767
240+40 kg/Nha	3		11722,3833
Sig.		,051	,147

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

## Grain kg MS /ha

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Testigo	3	3744,2800
375 kgN/ha	3	3957,1667
75 kg N/ha	3	4264,1233
300 kgN/ha	3	4572,3333
150 kgN/Gha	3	4724,6433
240+40 kg/Nha	3	4828,1367
225 kgN/ha	3	4976,9467
Sig.		,131

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

## Grain kgN/ha

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Testigo	3	42,0733	
75 kg N/ha	3	53,0333	53,0333
375 kgN/ha	3	55,7467	55,7467
150 kgN/Gha	3	59,7900	59,7900
300 kgN/ha	3		63,0400
240+40 kg/Nha	3		69,0167
225 kgN/ha	3		69,8833
Sig.		,071	,167

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

**Grain dry matter %**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	Subconjunto para alfa = 0.05	
	N	1
Testigo	3	94,8133
300 kgN/ha	3	95,0733
225 kgN/ha	3	95,0933
375 kgN/ha	3	95,1133
75 kg N/ha	3	95,1200
150 kgN/Gha	3	95,1233
240+40 kg/Nha	3	95,1600
Sig.		,806

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

**Grain N (%)**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Testigo	3	1,0600			
75 kg N/ha	3		1,1833		
150 kgN/Gha	3		1,2100	1,2100	
300 kgN/ha	3			1,3033	1,3033
225 kgN/ha	3				1,3367
375 kgN/ha	3				1,3400
240+40 kg/Nha	3				1,3600
Sig.		1,000	,555	,053	,586

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

## Leaves kg/ha

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	Subconjunto para alfa = 0.05	
	N	1
Testigo	3	3948,3333
375 kgN/ha	3	4160,4767
75 kg N/ha	3	4482,8567
300 kgN/ha	3	4810,7133
150 kgN/Gha	3	4968,5733
240+40 kg/Nha	3	5074,0467
225 kgN/ha	3	5234,5267
Sig.		,143

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

## Leaves kg MS /ha

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	Subconjunto para alfa = 0.05	
	N	1
Testigo	3	90,8000
240+40 kg/Nha	3	90,8300
375 kgN/ha	3	90,9433
225 kgN/ha	3	90,9467
300 kgN/ha	3	91,1567
75 kg N/ha	3	91,3033
150 kgN/Gha	3	91,3567
Sig.		,848

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

**Leaves kg MS /ha**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	Subconjunto para alfa = 0.05	
	N	1
Testigo	3	90,8000
240+40 kg/Nha	3	90,8300
375 kgN/ha	3	90,9433
225 kgN/ha	3	90,9467
300 kgN/ha	3	91,1567
75 kg N/ha	3	91,3033
150 kgN/Gha	3	91,3567
Sig.		,848

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

**Leaves kgN/ha**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Testigo	3	,8267	
75 kg N/ha	3	,8500	
240+40 kg/Nha	3	,9167	,9167
300 kgN/ha	3	1,0133	1,0133
150 kgN/Gha	3	1,1300	1,1300
225 kgN/ha	3	1,1633	1,1633
375 kgN/ha	3		1,2867
Sig.		,178	,089

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

## Leaves dry matter %

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
240+40 kg/Nha	3	94,8000
Testigo	3	94,8167
225 kgN/ha	3	94,9167
300 kgN/ha	3	94,9367
75 kg N/ha	3	94,9800
375 kgN/ha	3	94,9800
150 kgN/Gha	3	95,0400
Sig.		,498

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

## Leaves N (%)

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Testigo	3	,8600	
75 kg N/ha	3	,8800	
240+40 kg/Nha	3	,9567	,9567
300 kgN/ha	3	1,0567	1,0567
150 kgN/Gha	3	1,1767	1,1767
225 kgN/ha	3	1,2133	1,2133
375 kgN/ha	3		1,3433
Sig.		,169	,086

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

## Stem kg/ha

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	Subconjunto para alfa = 0.05	
	N	
		1
375 kgN/ha	3	3601,6667
Testigo	3	3962,8567
75 kg N/ha	3	4085,4767
300 kgN/ha	3	4161,9067
225 kgN/ha	3	4376,9033
150 kgN/Gha	3	4397,8567
240+40 kg/Nha	3	4589,7633
Sig.		,104

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

## Stem kg MS /ha

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	Subconjunto para alfa = 0.05	
	N	
		1
Testigo	3	90,0300
240+40 kg/Nha	3	90,2433
300 kgN/ha	3	90,2467
75 kg N/ha	3	90,2767
225 kgN/ha	3	90,3833
150 kgN/Gha	3	90,4667
375 kgN/ha	3	90,4900
Sig.		,486

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

## Stem kgN/ha

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	Subconjunto para alfa = 0.05	
	N	
75 kg N/ha	3	,3833
Testigo	3	,4500
150 kgN/Gha	3	,5033
300 kgN/ha	3	,5033
240+40 kg/Nha	3	,5800
225 kgN/ha	3	,5933
375 kgN/ha	3	,5933
Sig.		,714

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

## Stem dry matter %

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	Subconjunto para alfa = 0.05	
	N	
240+40 kg/Nha	3	94,8333
75 kg N/ha	3	94,9100
300 kgN/ha	3	94,9233
Testigo	3	94,9567
225 kgN/ha	3	95,0467
150 kgN/Gha	3	95,1033
375 kgN/ha	3	95,1400
Sig.		,688

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

**Stem dry matter %**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	Subconjunto para alfa = 0.05	
	N	
		1
240+40 kg/Nha	3	94,8333
75 kg N/ha	3	94,9100
300 kgN/ha	3	94,9233
Testigo	3	94,9567
225 kgN/ha	3	95,0467
150 kgN/Gha	3	95,1033
375 kgN/ha	3	95,1400
Sig.		,688

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

**Stem N (%)**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	Subconjunto para alfa = 0.05	
	N	
		1
75 kg N/ha	3	,4067
Testigo	3	,4733
300 kgN/ha	3	,5267
150 kgN/Gha	3	,5300
240+40 kg/Nha	3	,6100
375 kgN/ha	3	,6233
225 kgN/ha	3	,6233
Sig.		,723

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

## Ear kg/ha

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	Subconjunto para alfa = 0.05	
	N	
Testigo	3	1386,6667
375 kgN/ha	3	1392,1433
75 kg N/ha	3	1435,2400
225 kgN/ha	3	1533,3333
300 kgN/ha	3	1572,6200
150 kgN/Gha	3	1619,7633
240+40 kg/Nha	3	1666,9033
Sig.		,391

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

## Ear kg MS /ha

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	Subconjunto para alfa = 0.05	
	N	
Testigo	3	1328,0200
375 kgN/ha	3	1332,9433
75 kg N/ha	3	1379,3533
225 kgN/ha	3	1469,1267
300 kgN/ha	3	1509,9800
150 kgN/Gha	3	1557,4700
240+40 kg/Nha	3	1597,0400
Sig.		,397

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

**Ear kg MS /ha**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	Subconjunto para alfa = 0.05	
	N	1
Testigo	3	1328,0200
375 kgN/ha	3	1332,9433
75 kg N/ha	3	1379,3533
225 kgN/ha	3	1469,1267
300 kgN/ha	3	1509,9800
150 kgN/Gha	3	1557,4700
240+40 kg/Nha	3	1597,0400
Sig.		,397

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

**Ear kgN/ha**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
75 kg N/ha	3	6,8933	
300 kgN/ha	3	7,9600	
375 kgN/ha	3	9,2400	9,2400
Testigo	3	11,1267	11,1267
150 kgN/Gha	3	11,8133	11,8133
225 kgN/ha	3	14,0233	14,0233
240+40 kg/Nha	3		20,1800
Sig.		,393	,056

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

**Ear dry matter %**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
375 kgN/ha	3	95,7533
Testigo	3	95,7633
240+40 kg/Nha	3	95,8100
225 kgN/ha	3	95,8133
300 kgN/ha	3	96,0167
150 kgN/Gha	3	96,1233
75 kg N/ha	3	96,1267
Sig.		,967

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

**Ear N (%)**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
75 kg N/ha	3	,4800	
300 kgN/ha	3	,5100	
375 kgN/ha	3	,6633	,6633
150 kgN/Gha	3	,7133	,7133
Testigo	3	,7933	,7933
225 kgN/ha	3	,9033	,9033
240+40 kg/Nha	3		1,2100
Sig.		,301	,084

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

**Shoot kg/ha**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Testigo	3	17425,2367	
375 kgN/ha	3	18366,1900	18366,1900
75 kg N/ha	3	20595,2400	20595,2400
300 kgN/ha	3	21732,6233	21732,6233
225 kgN/ha	3	22201,1900	22201,1900
150 kgN/Gha	3	22401,6700	22401,6700
240+40 kg/Nha	3		23053,0967
Sig.		,074	,101

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

**shoot kg MS /ha**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Testigo	3	5253,1267
375 kgN/ha	3	5471,5400
75 kg N/ha	3	5825,0533
300 kgN/ha	3	6263,7167
150 kgN/Gha	3	6463,9333
240+40 kg/Nha	3	6606,2467
225 kgN/ha	3	6627,3967
Sig.		,184

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

## shoot kgN/ha

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Testigo	3	54,4700		
75 kg N/ha	3	61,1600	61,1600	
375 kgN/ha	3	66,8700	66,8700	66,8700
300 kgN/ha	3	72,5200	72,5200	72,5200
150 kgN/Gha	3	73,2333	73,2333	73,2333
225 kgN/ha	3		85,6667	85,6667
240+40 kg/Nha	3			90,6933
Sig.		,180	,052	,060

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

## shoot dry matter %

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Testigo	3	380,3500
240+40 kg/Nha	3	380,6033
225 kgN/ha	3	380,8700
300 kgN/ha	3	380,9533
375 kgN/ha	3	380,9833
75 kg N/ha	3	381,1367
150 kgN/Gha	3	381,3933
Sig.		,445

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

**shoot N (%)**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
75 kg N/ha	3	2,9467	
Testigo	3	3,1900	3,1900
300 kgN/ha	3	3,4000	3,4000
150 kgN/Gha	3	3,6267	3,6267
375 kgN/ha	3		3,9733
225 kgN/ha	3		4,0767
240+40 kg/Nha	3		4,1333
Sig.		,166	,072

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

**Harvest Index (wet)**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Testigo	3	,4633
225 kgN/ha	3	,5000
375 kgN/ha	3	,5033
150 kgN/Gha	3	,5100
240+40 kg/Nha	3	,5100
300 kgN/ha	3	,5133
75 kg N/ha	3	,5167
Sig.		,154

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

**Harvest Index (dry)**Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Tratamiento abonado	Subconjunto para alfa = 0.05	
	N	
Testigo	3	,7167
375 kgN/ha	3	,7200
300 kgN/ha	3	,7300
75 kg N/ha	3	,7333
150 kgN/Gha	3	,7333
240+40 kg/Nha	3	,7333
225 kgN/ha	3	,7500
Sig.		,400

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.