
Salinidad del agua de riego y fertilizantes de liberación lenta. Desarrollo de nuevos compuestos

Julio Rafael García-Serna Colomina

Tesis de Doctorado

Facultad: Ciencias

Directores: Dr. Juan Sánchez Andréu
Dra. Margarita Juárez Sanz

1992

UNIVERSIDAD DE ALICANTE

FACULTAD DE CIENCIAS



SALINIDAD DEL AGUA DE RIEGO Y FERTILIZANTES NITROGENADOS
DE LIBERACION LENTA. DESARROLLO DE NUEVOS COMPUESTOS.

Julio Rafael García-Serna Colomina.

1992

UNIVERSIDAD DE ALICANTE



FACULTAD DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE AGROQUIMICA,
BIOQUIMICA Y QUIMICA ANALITICA

APARTADO 99 - 03080 ALICANTE - SPAIN

D.
BIOQUIMICA Y QUIMICA ANALITICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA
UNIVERSIDAD DE ALICANTE.

CERTIFICO: Que la memoria adjunta, titulada «Salinidad del agua de riego y fertilizantes
nitrogenados

D.

Químicas, ha sido realizada en este Departamento bajo la dirección de los Drs.
Sánchez André y Juárez Sanz.

El presente ejemplar ha sido revisado por el profesor que certifica.

Alicante, Julio 1992.

Trabajo presentado para aspirar al Grado de Doctor en
Ciencias, Sección Químicas.



Fdo.: Julio R. García-Serna Colomina.

DIRECTOR



Fdo.: Juan Sánchez Andréu.

Profesor Titular de Química
Agrícola de la Facultad de
Ciencias de la Universidad
de Alicante.

CO-DIRECTORA



Fdo.: Margarita Juárez Sanz.

Profesora Titular de Química
Agrícola de la Facultad de
Ciencias de la Universidad
de Alicante.

AGRADECIMIENTOS

A los Drs. Juan Sánchez Andréu y Margarita Juárez Sanz, por su dirección.

Al Dr. Jorge Mataix Beneyto, por sus indicaciones y continua predisposición.

Al Dr. Marc Almiñana Alemany, por su dirección y apoyo en la elaboración de los análisis estadísticos.

A D. Juan Manuel Aparicio García, sin cuya eficaz y desinteresada ayuda hubiera sido muy difícil alcanzar mis objetivos.

A los miembros del Centro de Proceso de Datos de la Universidad de Alicante, especialmente a D. Antonio Gadea Boronat, por todas las facilidades y atenciones de que he sido objeto.

A D^a. M^a. del Carmen Cartagena García y D^a. Rosa Pujalte Iborra, por sus acertadas aportaciones gramaticales.

En fin, a todos aquellos que por haber cedido generosamente parte de su tiempo y paciencia, han hecho posible la culminación de este trabajo.

A mi familia.
A Tuti.

INDICE

	<u>Página</u>
I. <u>OBJETIVOS Y SINTESIS.</u>	1
II. <u>INTRODUCCION.</u>	7
II.1. <u>FERTILIZANTES NITROGENADOS.</u>	9
II.1.1. <u>BREVE DESCRIPCION HISTORICA.</u>	9
II.1.2. <u>PROBLEMATICA ACTUAL: PERDIDAS DE NITROGENO Y CONTAMINACION AMBIENTAL.</u>	11
II.1.3. <u>MEJORAS EN LA EFICACIA DE LA FERTILIZACION.</u>	18
II.1.4. <u>FERTILIZANTES DE ACCION CONTROLADA.</u>	21
II.1.4.1. <u>DEFINICION Y VENTAJAS.</u>	21
II.1.4.2. <u>DESCRIPCION DE LOS DISTINTOS MECANISMOS DE LIBERACION.</u>	22
II.1.5. <u>FERTILIZANTES RECUBIERTOS.</u>	27
II.1.5.1. <u>DEFINICION Y MECANISMO DE ACCION.</u>	27
II.1.5.2. <u>RECUBRIMIENTOS UTILIZADOS.</u>	29
II.1.5.3. <u>VENTAJAS Y DESVENTAJAS. LIMITACIONES Y UTILIDAD POTENCIAL.</u>	33
II.2. <u>SALINIDAD DEL SUELO.</u>	36
II.2.1. <u>EXTENSION ACTUAL.</u>	36
II.2.2. <u>FACTORES DE QUE DEPENDE.</u>	37
II.2.3. <u>EFFECTOS PRINCIPALES.</u>	38
II.2.3.1. <u>INCIDENCIA DE LA SALINIDAD SOBRE LA ESTRUCTURA DEL SUELO.</u>	39

	<u>Página</u>
II.2.3.2. PROCESOS BIOLÓGICOS DEL SUELO: INCIDENCIA DE LA SALINIDAD SOBRE LA MINERALIZACIÓN DEL NITRÓGENO.	40
III. <u>MATERIALES Y MÉTODOS.</u>	47
III.1. FERTILIZANTES.	49
III.1.1. <u>NITROFOSKA PERMANENT.</u>	49
III.1.2. <u>NITROFOSKA.</u>	49
III.1.3. <u>UREA.</u>	50
III.2. RECUBRIMIENTOS.	51
III.2.1. <u>COMPUESTOS EMPLEADOS.</u>	51
III.2.1.1. ACIDO ALGÍNICO.	51
III.2.1.2. ACIDOS HÚMICOS.	52
III.2.2. <u>ELABORACION.</u>	56
III.2.2.1. APLICACION.	56
III.2.2.2. PROCESO DE SECADO.	56
III.2.2.3. DOSIFICACION.	57
III.3. EXPERIENCIA.	58
III.3.1. <u>PRELIMINARES.</u>	58
III.3.2. <u>DOSIFICACION DEL FERTILIZANTE.</u>	59
III.3.3. <u>RIEGOS.</u>	60
III.3.3.1. AJUSTE DEL TENSIÓMETRO AL SUELO.	60
III.4. MUESTREO.	62
III.4.1. <u>TOMA DE MUESTRAS.</u>	62
III.4.2. <u>MANIPULACION.</u>	62
III.4.3. <u>EPOCA DE MUESTREO.</u>	62

	<u>Página</u>
III.5. ANALISIS DE LAS MUESTRAS.	63
III.5.1. <u>DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA E.U.F. (ELECTROULTRAFILTRACION).</u>	63
III.5.1.1. BREVE DESARROLLO HISTORICO DEL METODO.	63
III.5.1.2. PRINCIPIO DEL METODO.	64
III.5.1.3. VENTAJAS Y LIMITACIONES.	66
III.5.2. <u>PROGRAMA E.U.F. EMPLEADO.</u>	69
III.5.2.1. PROGRAMA EMPLEADO EN LAS MUESTRAS DE SUELO.	69
III.5.2.2. PROGRAMA EMPLEADO EN LAS MUESTRAS DE FERTILIZANTES.	70
III.5.3. <u>ANALISIS DE LOS EXTRACTOS.</u>	71
III.5.3.1. CLORURO.	71
III.5.3.2. N-AMONIO.	71
III.5.3.3. N-NITRITO.	72
III.5.3.4. N-NITRATO.	72
III.5.4. <u>ANALISIS DE LAS MUESTRAS SOLIDAS.</u>	72
III.5.4.1. CONDUCTIVIDAD.	72
III.5.4.2. N-KJELDAHL.	73
III.6. DETERMINACION DEL TIPO DE ARCILLA.	74
III.7. CARACTERIZACION DEL SUELO.	76
III.8. ESTUDIO ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS.	77
III.8.1. <u>FUNDAMENTO TEORICO.</u>	77
III.8.2. <u>APLICACION A LOS RESULTADOS.</u>	79

	<u>Página</u>
IV. <u>RESULTADOS Y DISCUSION.</u>	83
IV.1. FERTILIZANTES.	85
IV.1.1. <u>ANALISIS E.U.F.</u>	85
IV.1.2. <u>MODELO CINETICO.</u>	87
IV.2. CONDUCTIVIDAD.	92
IV.3. CLORURO.	97
IV.4. N-AMONIO.	99
IV.5. N-NITRITO.	106
IV.6. N-NITRATO.	111
IV.7. N-MINERAL.	120
IV.8. N-ORGANICO.	125
IV.9. N-TOTAL.	131
V. <u>CONCLUSIONES.</u>	137
VI. <u>APENDICES.</u>	143
VII. <u>BIBLIOGRAFIA.</u>	167

I. OBJETIVOS Y SINTESIS.

El aumento progresivo del empleo de fertilizantes químicos en la agricultura moderna permite una explotación más eficaz del suelo disponible aunque, no obstante, también contribuye al deterioro del entorno natural que nos rodea, con todas las consecuencias negativas que sobre los seres vivos, incluido el hombre, desencadena.

Desde el punto de vista del nitrógeno y la contaminación ambiental, la fertilización inadecuada puede contaminar las aguas subterráneas y la atmósfera; las primeras por lixiviación de las especies químicas más móviles en el suelo (constituyendo el nitrato el representante más significativo), y la segunda por la liberación de compuestos gaseosos en los procesos de volatilización y desnitrificación (predominando el amoníaco y los óxidos de nitrógeno).

Por otro lado, los procesos industriales propios de su fabricación son susceptibles de contaminar atmósfera, suelos y aguas. Además, las pérdidas mencionadas se traducen en una menor eficacia del fertilizante y, por lo tanto, que se recurra a aplicaciones en exceso con el fin de alcanzar los rendimientos agrícolas deseados; consecuentemente se hace necesaria una mayor producción de fertilizantes con el inevitable aumento en la contaminación de origen industrial.

El empleo de fertilizantes de liberación lenta ayuda a adecuar el aporte de nutrientes a la demanda

del vegetal, siendo el objetivo perseguido que estos procesos concuerden perfectamente. Como consecuencia la eficacia del fertilizante aumenta y las pérdidas disminuyen y, por lo tanto, la contaminación que se pueda derivar de la fertilización por cualquier causa ha de ser menor.

Por otro lado, la presencia de salinidad, tanto en suelos como en aguas de riego, afecta sobre los microorganismos responsables de los ciclos naturales de que son objeto los nutrientes en el suelo, provocando generalmente una mayor lentitud, e incluso inhibición, de los mencionados ciclos, lo que conduce, de nuevo, a una menor eficacia de los fertilizantes aportados.

El objetivo del presente trabajo es doble, por un lado se acomete el estudio y desarrollo de nuevos fertilizantes de liberación lenta, basados en fertilizantes solubles comerciales (Nitrofoska y urea) a los que se agrega en superficie dos compuestos orgánicos distintos (ácidos húmicos y ácido algínico). Por otra parte, se profundiza en el conocimiento de la relación que existe entre la salinidad de los riegos suministrados al suelo y los fertilizantes aportados al mismo, con este fin se ensaya con cinco niveles diferentes de salinidad en el riego: Agua destilada, 2500, 3500, 4500 y 7500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En última instancia, los resultados derivados del estudio pretenden ser una aportación más al conocimiento de este complicado conjunto de interacciones, de

manera que progresivamente se alcancen mayores rendimientos y permita, sin renunciar a satisfacer nuestras necesidades, saldar parte de la importantísima deuda contraída con la naturaleza.

II. INTRODUCCION.

II.1. FERTILIZANTES NITROGENADOS.

II.1.1. BREVE DESCRIPCION HISTORICA.

En la atmósfera terrestre el nitrógeno es el componente mayoritario, ya que, según Stevenson (1986), el 79.08 % de su volumen está constituido por N_2 . Este elemento también se encuentra ligado a otros formando diversos compuestos, los cuales son susceptibles de ser arrastrados por el agua de lluvia; este hecho, junto con la fijación del N_2 atmosférico por bacterias libres y ciertas leguminosas, constituye las principales vías naturales de aporte de nitrógeno a la litosfera.

Hasta principios de siglo, el suelo agrícola se fertilizaba en nitrógeno mediante rotación de cultivos con leguminosas y/o la adición de materia orgánica; el crecimiento de la población y la demanda de alimentos conllevó la necesidad de aumentar la fertilización de los suelos con el fin de producir mayores rendimientos, por lo que se hizo ineludible el fomento de la investigación relacionada con la fijación de nitrógeno atmosférico y la producción de fertilizantes nitrogenados.

En un principio, los fertilizantes nitrogenados más empleados fueron: sulfato amónico, nitrato amónico, nitrato sódico, nitrato amónico cálcico, cianamida y urea. En los últimos 25 años la urea ha cobrado un gran interés, transformándose en uno de los más importantes

fertilizantes nitrogenados, así en 1984/85 el 37% de los 70 millones de Tm. de nitrógeno empleado como fertilizante lo fue en forma de urea, mientras que en 1955 alcanzaba solamente el 5% (Sheldrick, 1987) (Figura 1).

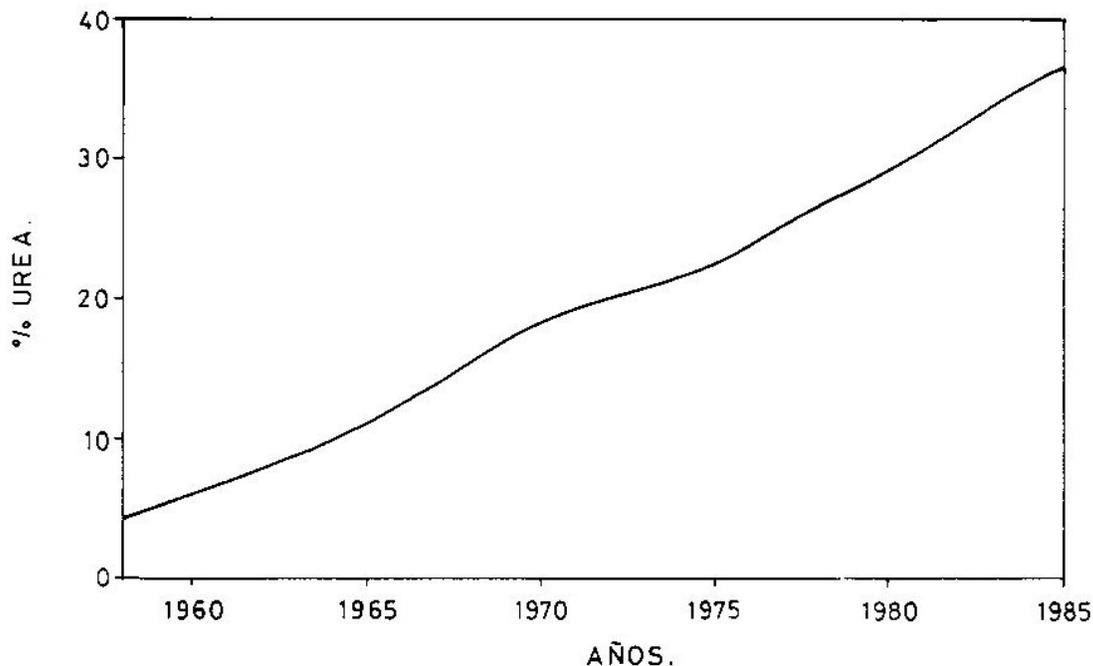


Figura 1: Producción de urea como porcentaje respecto al nitrógeno total. (Sheldrick, 1987).

Es importante el aumento experimentado en el consumo de fertilizantes nitrogenados (31.8 millones de toneladas (mt.) en 1970 y 60.3 mt. en 1980, que supone un incremento del 7%), pronosticándose, según Newbould (1989), un consumo de 111-134 mt. en el año 2000 (Figura 2).

Este hecho, unido a la baja eficacia en la recuperación de nitrógeno a partir de los fertilizantes, la cual oscila entre el 33% y el 50% (Baligar, 1986.; Oertli, 1980.), hace que los problemas medioambientales derivados

de una fertilización inadecuada sean cada vez más graves.

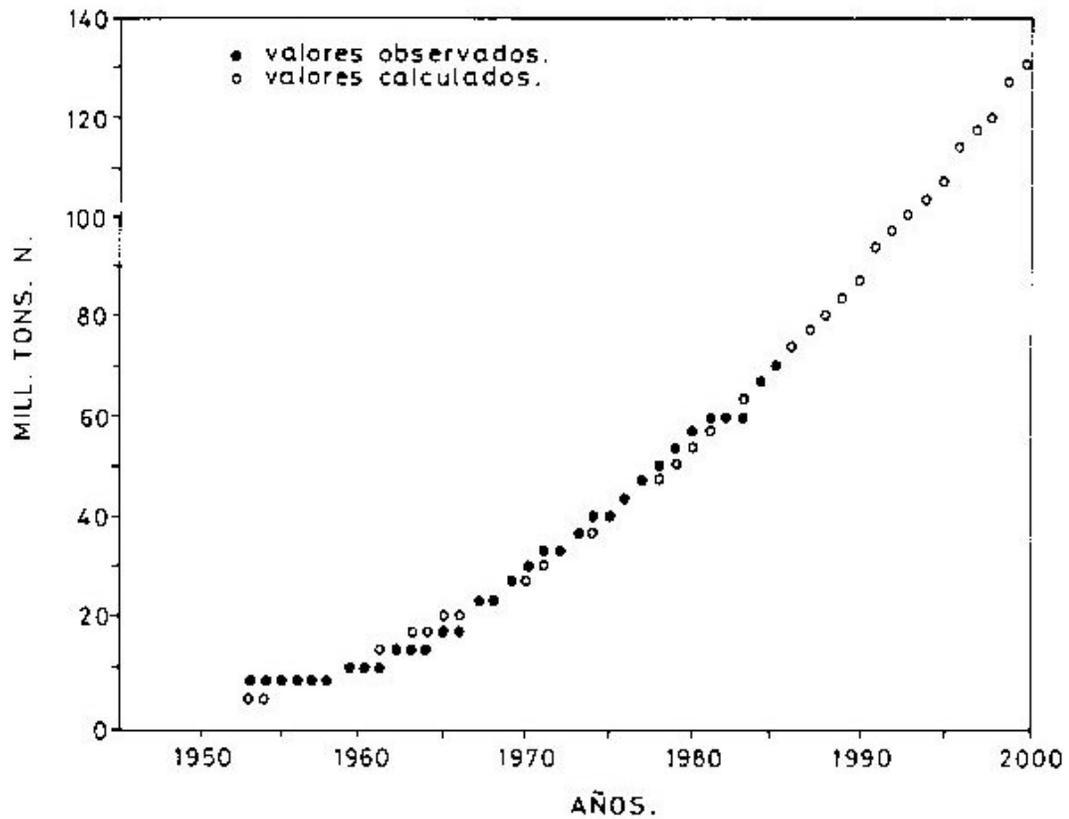


Figura 2: Consumo de nitrógeno. (Sheldrick, 1987).

Valores calculados mediante la expresión: $N = AT^2 + BT + C$, donde N = nitrógeno consumido y T = tiempo.

II.1.2. PROBLEMATICA ACTUAL: PERDIDAS DE NITROGENO Y CONTAMINACION AMBIENTAL.

La pérdida de nitrógeno a partir de la fertilización aplicada puede suponer cantidades importantes, por lo que se hace muy conveniente conocer las consecuencias que se puedan derivar, las vías por las que se lleva a cabo y la forma de minimizarlas.

Los principales cauces por los que se producen las pérdidas del sistema suelo-planta (Figura 3) son:

- a) Lavado y arrastre en forma de NO_3^- (lixiviación),
- b) Volatilización de NH_3 ,
- c) Desnitrificación, con pérdidas en forma de N_2 , N_2O y otros compuestos nitrogenados,
- d) Inmovilización del nitrógeno mineral en el suelo, y
- e) Erosión.

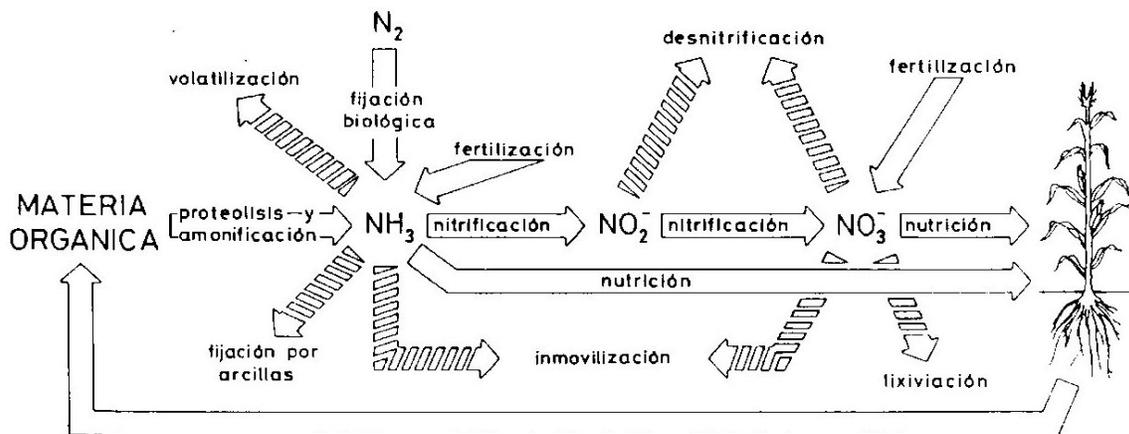


Figura 3: Principales procesos involucrados en el ciclo del nitrógeno del sistema suelo-planta.

- a) Lavado y arrastre en forma de NO_3^- :

Habitualmente es el factor mayoritario, ya que a su elevada movilidad en el suelo, se une el ser la última especie química producida en el ciclo de mineralización del nitrógeno, lo que conduce a pérdidas entre $2 \cdot 10^9$ y $3.7 \cdot 10^9$ Kg. N/año (Stevenson, 1986.). El efecto más

destacado es la contaminación de las aguas subterráneas, ya que es un problema que una vez manifestado puede durar décadas debido a la lenta velocidad de recarga de los acuíferos (se estima que esta operación puede necesitar entre 50 y 100 años). Las aguas naturales suelen contener menos de 3 ppm. de NO_3^- , no obstante se han observado en los últimos 30 años incrementos entre 35 y 100 veces, superando en ocasiones los 45 mg/l que es el límite máximo permitido por el U.S. Public Health Service Drinking Water Standards; en algunas zonas de la provincia de Valencia muchos acuíferos superan los 50 mg/l de NO_3^- , que es el límite máximo aceptado por E.E.C. (1980) (Ramos, 1989). Este incremento de la presencia de nitrato en las aguas naturales se torna en un problema muy grave cuando éstas se incorporan a la cadena trófica humana, ya que puede originar metahemoglobinemia (aumento del nivel de metahemoglobina, en perjuicio del nivel de hemoglobina) que en casos agudos, y especialmente en lactantes, puede producir la muerte (Zaporozec, 1983.; Oertli, 1980.; Rozman y Montserrat, 1989.).

También se ven afectadas las aguas superficiales, ya que un aporte masivo de nitrógeno puede conducir a la eutrofización de las mismas (crecimiento desmesurado de algas y plantas acuáticas, que consumen gran cantidad de O_2 , a costa de otros seres vivos que perecen por esta razón) que puede ser origen de infecciones, así como de mal sabor y olor (Newbould, 1989.; Keeney, 1982.).

b) Volatilización como NH_3 .

Puede constituir, también, una fuente importante de pérdidas ya que oscilan entre el 3 y el 50% del nitrógeno aplicado (Stevenson, 1986.), dependiendo del tipo de fertilizante utilizado y la cantidad empleada, así como de factores medioambientales (textura del suelo, temperatura, pH, etc.).

Los aspectos que más influencia ejercen en este proceso son:

- * Elevado pH del suelo,
- * Altas temperaturas,
- * Baja capacidad de retención catiónica del suelo,
- * Adición superficial de abonos y fertilizantes,
- * Ausencia de vegetación, y
- * Suelos muy secos.

c) Desnitrificación.

El proceso de desnitrificación produce mayoritariamente una liberación de N_2 y óxidos de nitrógeno, fundamentalmente N_2O , a la atmósfera. Se puede llevar a cabo por dos vías: desnitrificación biológica y desnitrificación química. La desnitrificación biológica es con mucho la más importante, ya que la pueden llevar a cabo numerosas bacterias (Tabla I) y hongos del suelo, tanto en condiciones aerobias como anaerobias (Robertson y Kuenen, 1984.), cifrándose las pérdidas en un 10-30% del nitrógeno

aplicado (Ryden, 1983.; Ryden, 1984.).

Estas pérdidas, además de suponer una disminución en la eficacia de los fertilizantes, pueden influir en el contenido de O₃ de la estratosfera, como consecuencia de la reacción que experimentan los óxidos de nitrógeno con dicha especie química (Crutzen, 1983.) (Figura 4). Este hecho conlleva la llegada de radiaciones ultravioleta de alta energía a la superficie terrestre, con el consiguiente aumento en el riesgo de cáncer de piel (Oertli, 1980.).

Tabla I: Bacterias desnitrificantes.

GENERO	CARACTERISTICAS
<i>Alcaligenes</i>	Común en suelos.
<i>Agrobacterium</i>	Común en suelos.
<i>Azospirillum</i>	Capaz de fijar N , asociada comúnmente con grasas.
<i>Bacillus</i>	Desnitrificador termofílico.
<i>Flavobacterium</i>	Recientemente aisladas.
<i>Halobacterium</i>	Requiere altas concentraciones salinas para crecer.
<i>Hyphomicrobium</i>	Crece en sustratos carbonados.
<i>Paracoccus</i>	Capaz de crecimiento litotrófico y heterotrófico.
<i>Propionibacterium</i>	Fermentos desnitrificantes.
<i>Pseudomonas</i>	Común en suelos.
<i>Rhodopseudomonas</i>	Bacteria fotosintética.
<i>Thiobacillus</i>	Generalmente quimioautótrofo.

Adaptado de Firestone (1982).

El problema real es complejo debido a la interrelación que existe entre NH_3 , NO_3^- y N_2O en la desnitrificación; ésta se ve favorecida por las condiciones anaerobias de los niveles más profundos del suelo, por lo que evita pérdidas en forma de nitrato, pero favorece la formación de NH_3 y/o N_2O que es susceptible de pasar a la atmósfera.

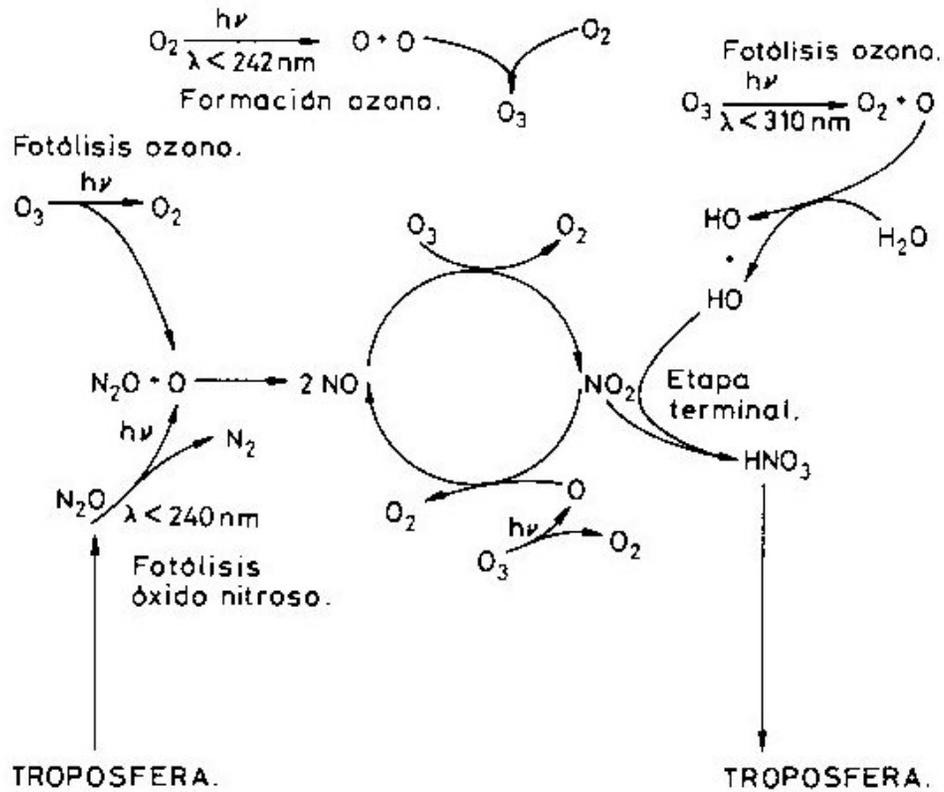


Figura 4: Ciclo catalítico de la composición de ozono de nitrógeno (No_x) (N.C.R., 1978.).

La fertilización no es la única responsable del problema, en este aspecto se puede citar la emanación a

la atmósfera de N₂O procedente de la quema de combustibles fósiles, y el aporte de clorofluorocarbonos propulentes de aerosoles. De cualquier modo, la disminución o eliminación de algún suministro repercutirá positivamente en el medio ambiente que nos rodea.

d) Inmovilización del nitrógeno mineral del suelo.

La formación de humus estable (Jansson y Persson, 1982.) se puede considerar también como una forma de pérdida de nitrógeno ya que este elemento, aún presente en el suelo, pasa así a formar parte de compuestos no asimilables por las plantas; se estima que el 10-40% del nitrógeno aplicado como fertilizante permanece en el suelo en formas orgánicas después del primer cultivo (Hauck y Bremner, 1976.; Jansson, 1963.; Legg y Meisinger, 1982.), y tan sólo una pequeña porción de este nitrógeno se encuentra a disposición de los vegetales en años sucesivos, ya que únicamente se removiliza el 15% del nitrógeno inmovilizado inicialmente (Broadbent, 1980.; Paul y Juma, 1981.; Rudelov, 1982.; Westerman y Kurtz, 1972.); este proceso de inmovilización es difícilmente subsanable por acompañar al proceso de mineralización que se desarrolla en el suelo (El Sayed Azhar et al., 1986.), pudiendo minimizarse agregando la cantidad de fertilizante más aproximada a los requisitos vegetales del momento, y teniendo en cuenta la capacidad del suelo para suministrar nitrógeno asimilable por las plantas (Broadbent y Carlton, 1978.).

e) Erosión:

Esta pérdida de nitrógeno se lleva a cabo mayoritariamente en formas orgánicas que, depositadas frecuentemente en fondos lacustres y oceánicos, tienen escasas oportunidades de ser recicladas a un sistema agrícola, estableciéndose por este concepto pérdidas de $4.5 \cdot 10^9$ Kg. N/año (Legg y Meisinger, 1982.).

Por todo lo expuesto se observa que, tanto desde el punto de vista medioambiental como económico, es de suma importancia evitar en lo posible las pérdidas de nutrientes a partir del fertilizante aportado. Con este fin se hace necesario un esfuerzo en mejorar el empleo de los fertilizantes: utilización y dosificación adecuada (Legg y Meisinger, 1982.; Broadbent y Carlton, 1978.), métodos y momento de aplicación, empleo de genotipos de especies vegetales que sean especialmente eficaces con los nutrientes presentes en el medio (Tal, 1985.; Clark, 1983.; Mengel, 1983.; Vose, 1982.; Vose, 1983.; Parr, 1973.) e investigación y desarrollo de nuevos fertilizantes.

II.1.3. MEJORAS EN LA EFICACIA DE LA FERTILIZACION.

Un buen fertilizante es aquél que libera nutrientes al ritmo necesario, y en cantidad suficiente, a la exigencia de la planta en sus diversas etapas de crecimiento y desarrollo. De esta forma se asegura una buena nutrición y unas pérdidas mínimas, así como posibles

reducciones en el laboreo.

La adecuación de los aportes nutricionales a la demanda vegetal mediante los fertilizantes convencionales no es tarea fácil. Dos son los procedimientos más utilizados: Aporte de abonos líquidos con el riego (fertirrigación), y dosificación adecuada del fertilizante a lo largo del período de crecimiento y producción.

La fertirrigación, aunque efectiva en ciertos casos, puede crear graves problemas en las conducciones del riego, especialmente cuando se trata de riego por goteo, además de requerir fertilizantes más caros.

La dosificación del fertilizante a lo largo del período de cultivo encarece el laboreo, ofrece problemas en el reparto del fertilizante, y puede causar daño a las plantas una vez establecidas; además, en el caso de plantaciones que se desarrollan bajo cubierta de plástico, es imposible su empleo por no poder efectuar el laboreo necesario una vez se ha establecido el cultivo.

Estas demandas, no obstante, se pueden satisfacer, totalmente o en parte, mediante la consideración de los siguientes aspectos:

*Mejora en la utilización de los fertilizantes: Este apartado comprende el momento de aplicación, emplazamiento y elección del material fertilizante, y el empleo de

plantas seleccionadas,

*Mejor conocimiento de las necesidades nutricionales vegetales en cada etapa del crecimiento, según la especie de que se trate,

*Empleo de inhibidores de la nitrificación: Estos compuestos químicos actúan sobre las diversas etapas de los procesos de nitrificación y desnitrificación, por lo que pueden tener gran utilidad a la hora de evitar pérdidas de nitrógeno en cualquiera de sus formas, y

*Fertilizantes de acción controlada: Se distinguen por liberar sus nutrientes lentamente, de manera que las plantas sólo tienen disponible en el suelo una pequeña porción del fertilizante. Por esta especial característica se puede lograr una disminución de las pérdidas y, si la liberación se adecúa a las necesidades fisiológicas del vegetal, un mejor aprovechamiento por las plantas.

Por todo lo expuesto, y por la necesidad de emplear fertilizantes de bajo coste que ayuden, además, a asegurar una producción rentable, se deduce que las características de un fertilizante óptimo deben ser:

*Protección medioambiental,

*Economía energética en los procesos industriales necesarios para su obtención, y

*Economía en el empleo de fertilizantes y en laboreo.

II.1.4. FERTILIZANTES DE ACCION CONTROLADA.

II.1.4.1. DEFINICION Y VENTAJAS.

Los fertilizantes de «acción controlada» son aquellos que en su comportamiento se asemejan al de un fertilizante ideal, es decir, esencialmente la liberación de nutrientes se lleva a cabo en la cantidad y momento en que la planta lo va necesitando. Las ventajas directas a las que principalmente conduce su empleo son, según Oertli (1980):

*Menores costes de laboreo, equipo de transporte y preparación y aplicación del fertilizante por requerir un menor número de aplicaciones, ya que es posible una dosis elevada sin acarrear problemas por exceso de sales,

*Correcta administración de nutrientes en cultivos inundación, ya que por su lenta liberación se evitan en gran medida las pérdidas,

*Fertilización bajo cubierta de plástico, donde son difíciles las aplicaciones repetidas que de esta forma quedan eliminadas. No obstante, debido a que suele ser habitual en esta práctica agrícola el riego por goteo, las aplicaciones repetidas de fertilizante se administran fácilmente en el propio riego (fertirrigación) restando importancia, en este aspecto, a los fertilizantes de acción controlada,

*Fertilización de suelos de textura gruesa y mezclas

para cultivos en tiestos, y

*Minimizan las reacciones químicas y atenúan los procesos físicos del suelo que pueden perjudicar a la disponibilidad de nutrientes en él, como es el caso de la fijación del fósforo; objetivo que se consigue por la menor cantidad de nutriente presente en cada momento en la disolución del suelo.

II.1.4.2. DESCRIPCION DE LOS DISTINTOS MECANISMOS DE LIBERACION.

La liberación controlada de los nutrientes se puede conseguir por vías químicas, físicas o biológicas, así como por una combinación de ellas. Las diversas posibilidades son:

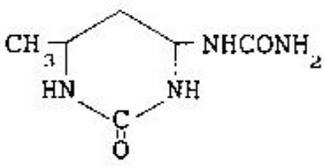
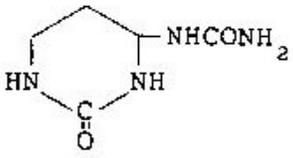
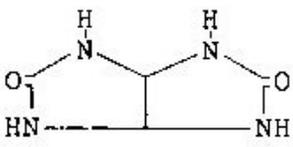
a) Baja solubilidad en el suelo de un compuesto natural o sintético:

A este grupo pertenecen aquellos compuestos cuyo equilibrio de disolución se encuentra poco desplazado hacia la forma disuelta, por lo que liberan lentamente sus especies nutrientes y no permite la excesiva acumulación de ellas en la disolución del suelo. Fundamentalmente su comportamiento se encuentra afectado por el tamaño de partícula, área superficial y grado de polimerización, siendo estos factores más importantes cuando la liberación de los materiales nutrientes se lleva a cabo por vías

físicas o químicas, que cuando es por vía biológica.

Entre los compuestos inorgánicos se encuentra: fosfato amónico metálico, silicato potásico fundido, azufre, sulfuros y polisulfuros (Syers, 1987.) y otras sales inorgánicas poco solubles (Tabla II).

Tabla II: Principales materiales nitrogenados de baja solubilidad, empleados en agricultura.

NOMBRE	FORMULA	%N
Isobutilidendiurea (IBDU)	$(CH_3)_2CHCH(NHCONH_2)_2$	32
Crotonilidendiurea (CDU)		32.5
Acroleinurea		35.4
Glicoluril		39.4
Carbonildiurea (Triuret)	$NH_2CONHCONH_2$	41
Oxamina	$(CONH_2)_2$	32
Fosfato amónico magnésico	$MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$	5.7
Polifosfato amónico o metafosfato.	$(NH_4PO_3)_n$	14

Respecto a los compuestos orgánicos, han demostrado ser muy satisfactorios diversos derivados de la urea (Tabla II): acrolein urea, carbonil diurea, oxamida,

glicoluril (Shimizu, 1987.), isobutilidendiurea (IBDU) (Hamamoto, 1966.; Jüngens-Gschwind, 1974.), crotonilidendiurea (CDU) (Jüngens-Gschwind, 1974.), acetaldehído urea (también conocido como Urea-z), compuestos relacionados con hidantoína (glicolilurea) (Shimizu, 1986a.), urea formaldehído (UF) (polímeros de diferente longitud formados por condensación de urea con paraformaldehído) (Christianson et al., 1988.), etc.

b) Biodegradación de productos naturales o sintéticos:

Nos referimos a aquellos compuestos que liberan los nutrientes por vía microbiana mediante procesos de descomposición. Algunos representantes de este grupo ya se han nombrado anteriormente, como pueden ser: crotonilidendiurea (CDU), urea formaldehído (UF) y otros compuestos polímeros de cadena larga basados en metilen ureas. Actualmente se investiga en diversos compuestos, como algunos derivados de las conchas de crustáceos (Spiegel et al., 1988.).

Por su parte, los abonos orgánicos tradicionales en agricultura como compost de basuras, estiércol y residuos vegetales, obedecen a este mecanismo de liberación lenta de nutrientes.

c) Encapsulación de un fertilizante, fácilmente soluble o no, en una membrana.

La liberación de los nutrientes se lleva a

cabo mediante difusión de éstos a través de una membrana que los recubre. Los fertilizantes de acción controlada que se basan en este proceso, reciben la denominación específica de fertilizantes recubiertos, y se tratarán extensamente en un apartado propio.

d) Distribución de nutrientes en una matriz, la cual a su vez puede ser recubierta:

En este caso, la liberación se encuentra ralentizada por la presencia de la matriz soporte. Consiste generalmente en:

- * Sales solubles dentro de un material análogo a la cera, que se disuelve lentamente,
- * Sustancias orgánicas, como turba o carbón, enriquecidas con amoníaco (Lowe y Cudmore, 1978.; Saeed, 1978.), y
- * Formulaciones del tipo urea-carbón, y otros, sobre diferentes soportes: vermiculita, espumas plásticas, desechos industriales como lignina y serrín amoniacados (Dimitrov, 1977.; Kastori y Saric, 1975.), etc.

e) Materiales cambiadores de iones:

Se trata de materiales naturales o sintéticos que se pueden «cargar» con los iones apropiados mediante un intercambio previo, en el caso de materiales naturales suele ser más sencillo trabajar con cationes que con aniones.

Posteriormente estos materiales liberan las

especies en él retenidas, como consecuencia de un intercambio con otras presentes en el medio. El mecanismo de acción es la liberación de iones cuando la concentración en la solución del suelo se sitúa por debajo de los niveles de equilibrio marcados por cada material en concreto.

Algunos de los materiales cambiadores más empleados son: bentonita, resinas cambiadoras, zeolitas naturales y sintéticas, piedra pómez, vermiculita (Scott et al., 1983.), turba, lignito y carbón. En general, las zeolitas y resinas sintéticas poseen mayor capacidad de cambio que otros materiales, aunque depende de los iones involucrados.

Los distintos mecanismos de liberación que se han descrito dan lugar a otros tantos fertilizantes de acción controlada, por lo que se pueden clasificar en los grupos representados esquemáticamente en la figura 5.

La utilización eficaz que se persigue cuando se emplean estos materiales pasa por la concurrencia de las condiciones siguientes (Skogley y Dawson, 1963.):

- * Satisfactorio medio radicular,
- * Adecuado suministro de nutrientes durante el período de crecimiento, y
- * Continua disponibilidad de diferentes nutrientes en proporción óptima, en el rango de pH apropiado para el crecimiento de los vegetales.

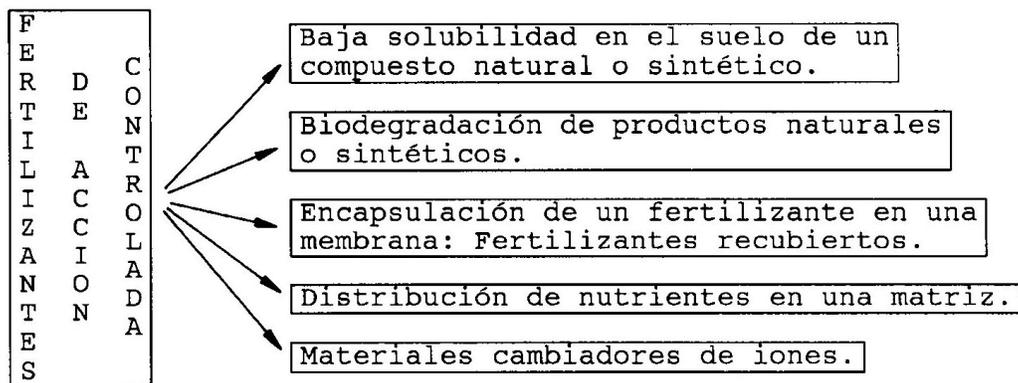


Figura 5: Clasificación de los fertilizantes de acción controlada, atendiendo al mecanismo de liberación empleado.

II.1.5. FERTILIZANTES RECUBIERTOS.

II.1.5.1. DEFINICION Y MECANISMO DE ACCION.

Los recubrimientos son barreras físicas de un material insoluble, o muy poco soluble, que impiden el acceso masivo de agua disolvente al gránulo de la sustancia fertilizante propiamente dicha.

El agua penetra a través del recubrimiento mediante un proceso de difusión, o por los poros y grietas presentes; éstos son generados en el proceso de fabricación y manipulación del fertilizante, o por la acción de los microorganismos en aquellas cubiertas que son biodegradables (Figura 6).

La disolución formada en el interior del gránulo fertilizante conduce a un aumento de la presión osmótica que la obliga a fluir lentamente al exterior, por

los mismos cauces por los que penetró el agua. El diseño de la cubierta debe tener en cuenta que sea suficientemente resistente, ya que si ocasionalmente la sobrepresión fuera excesiva se produciría una ruptura completa y la liberación total e instantánea de los nutrientes disueltos, por lo que no se alcanzaría los beneficios propios de este tipo de fertilizantes.

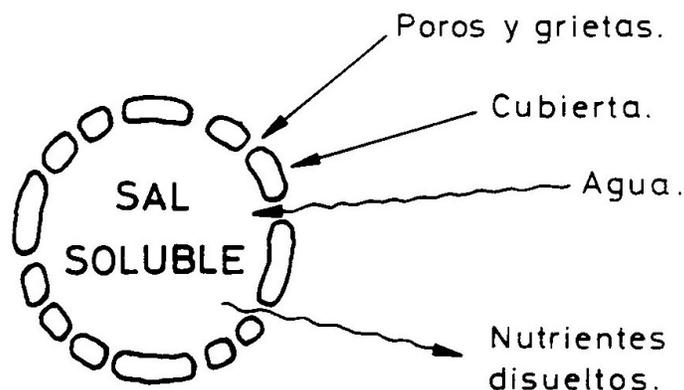


Figura 6: Esquema de un gránulo de fertilizante recubierto y su mecanismo de acción.

El ritmo de liberación de nutrientes depende principalmente de la existencia de poros y grietas en la cubierta, así como del grosor de ésta en función del tamaño del gránulo. La presencia de los citados poros y grietas se debe controlar exhaustivamente en el proceso de fabricación, con este fin se emplean mezclas de dos o más materiales cubrientes, o se incorporan ceras o aceites como agentes sellantes.

Los materiales cubrientes deben conjugar diversas propiedades: poco solubles, inactivos (aunque algunos cubrientes en fase de investigación incluyen

compuestos catalizadores de alguna reacción), inocuos, biodegradables, de fácil aplicación y buena efectividad a concentraciones bajas, este último aspecto tiene como fin evitar espesores excesivos que puedan alterar las propiedades del compuesto fertilizante, a excepción del retraso en la liberación de sus especies nutrientes.

II.1.5.2. RECUBRIMIENTOS UTILIZADOS.

Del gran número de materiales que se han ensayado para recubrir fertilizantes granulados, algunos ya han demostrado ser muy útiles, y otros se encuentran en fase de experimentación. Los más importantes se esquematizan en la figura 7:

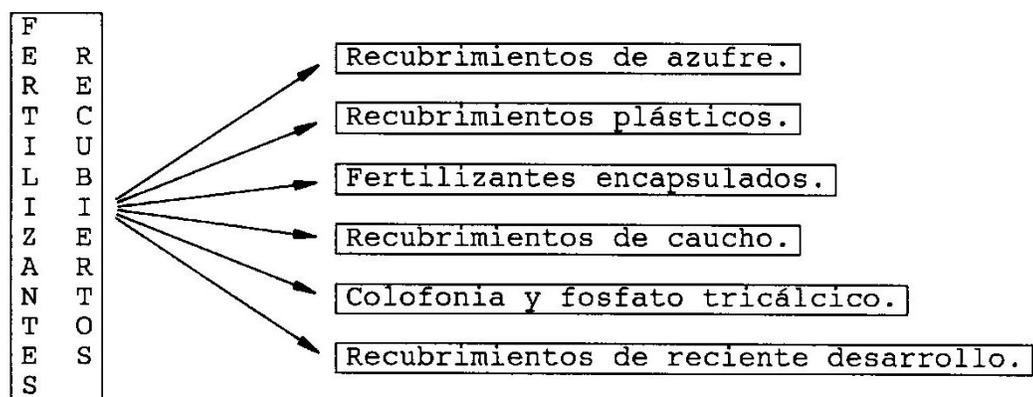


Figura 7: Principales tipos de recubrimientos.

A continuación se describen los recubrimientos citados, su mecanismo de acción, ventajas y desventajas, y los principales fertilizantes que lo emplean:

* Recubrimientos de azufre:

Con este tipo de recubrimiento la velocidad de disolución se incrementa una vez transcurridas las dos primeras semanas, ya que la porosidad de la cubierta aumenta debido a que el azufre experimenta una oxidación a sulfato propiciada por los microorganismos del medio. Por esta razón su comportamiento se ve afectado especialmente por la temperatura, humedad, tipo de sales y relación fertilizante/suelo.

El más conocido y empleado es la urea recubierta de azufre (SCU); en su elección influyó el ser un fertilizante muy utilizado por los agricultores, y se recubrió de azufre por su bajo coste económico. Este mismo recubrimiento se ha empleado con éxito en otros fertilizantes, y en todos ellos las características finales dependen del material sellante empleado en su fabricación y del grosor final de la película cubriente (Rao, 1987.; McArdle, 1986.; Hamdallah, 1988.).

*Recubrimientos plásticos:

Fundamentalmente se trata de los obtenidos por polimerización de dicloropentanodieno con un derivado oleoso de semillas de linaza, de esta forma se obtiene una resina orgánica semipermeable que retarda la liberación del nutriente dependiendo de su grosor. Este tipo de fertilizante se conoce con el nombre genérico de Osmocote. En este caso la liberación no se ve afectada por el pH,

humedad o actividad microbiana, y sí por la temperatura del medio, ya que se produce por difusión a través de la cubierta.

Por otro lado, si el polímero que recubre se acompaña de un aditivo con el que se pueda controlar el número de puntos de difusión, se consigue que el grosor de la película deje de ser un factor importante; de esta forma se obtienen los fertilizantes conocidos como Ficote. En éstos es también la temperatura, el único factor externo que afecta a la liberación.

***Fertilizantes encapsulados:**

Consiste en la encapsulación de productos fertilizantes en polietileno perforado. La velocidad de disolución depende del número y diámetro de los orificios, y del espesor de la cápsula (Walsh, 1978.).

***Recubrimientos de caucho:**

La composición de la cubierta puede variar de un diseño a otro, así se tiene el recubrimiento de látex (Yeoh y Soong, 1977.), silicato sódico y látex (Savant et al., 1983.), y la compuesta de látex, polietilenglicol y arcilla, la cual produce distintos ritmos de liberación según se trate de nitrógeno, fósforo, potasio o magnesio. En cualquier caso, la liberación se aminora de forma notable a medida que aumenta la proporción de recubrimiento respecto del material fertilizante.

* Colofonia y fosfato tricálcico:

La colofonia es la fracción no volátil de la resina del pino, y permite su aplicación en frío por ser soluble en disolventes orgánicos, tales como alcohol etílico. Sobre el ritmo de liberación influye la temperatura, pH, características del suelo y el espesor y composición de la cubierta (la liberación disminuye a medida que aumenta la proporción de fosfato tricálcico en la cubierta) (Jiménez et al., 1987.; Jiménez et al., 1988a, b y c).

* Recubrimientos de reciente desarrollo:

Debido a que la investigación sobre fertilizantes recubiertos es ya abundante, se cuenta con cierta diversidad de materiales de recubrimiento, algunos de ellos todavía en fase de experimentación. Como ejemplo se pueden citar: fosfato tricálcico, fosfato amónico magnésico, fosfato de calcio y magnesio (Ching-Kwei Li y Rong-Yen Chen, 1980.), yeso con aceite de linaza, ésteres de silicatos con carbonato de cinc, fosfato diácido de potasio con hidróxido de litio, ceras parafínicas, lacas (Sannigrahi y Mandal, 1987.), ácido algínico (Caiozzi, 1985.), recubrimientos reactivos, los cuales además poseen efecto catalizador sobre la mineralización del fertilizante que recubren (Christianson, 1988.), etc.

II.1.5.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS. LIMITACIONES Y UTILIDAD POTENCIAL.

El empleo de fertilizantes de acción controlada tiene, además de todas las ventajas ya citadas, algunos inconvenientes; no obstante, en la mayoría de los casos podemos pensar en posibles soluciones que conduzcan a su atenuación o, incluso, a su eliminación.

Tres son las facetas principales en que se presentan los problemas:

a) Relación C/N: Estos fertilizantes, como cualquier otro de naturaleza inorgánica, conducen a un empobrecimiento del suelo cada vez mayor cuando su empleo es continuado. La razón de este empobrecimiento es una disminución en la relación C/N que perjudica a los microorganismos del suelo, especialmente a los involucrados en el ciclo del nitrógeno, en estos casos se ha observado un cambio sustancial en el desarrollo de bacterias amonificantes, tanto en cantidad como en especies presentes (Rankov y Dimitrov, 1980.). Por otro lado, un aumento de esta relación C/N puede conducir a inmovilización inicial del nitrógeno añadido, que con el tiempo podría removilizarse en parte (Bandyopadhyay, 1983.).

Estos hechos hacen pensar que la adición de materia orgánica, junto con los fertilizantes inorgánicos, tenga consecuencias positivas, ya que al aumentar la

relación C/N se favorece la existencia de flora microbiana en el suelo, y el nitrógeno inmovilizado inicialmente dará lugar a una liberación gradual del nutriente al removilizarse con posterioridad.

b) Ajuste de la liberación de nutrientes del fertilizante a las necesidades del vegetal: Una de las principales preocupaciones de quienes se dedican a estos problemas, es encontrar un fertilizante que se adecúe perfectamente a las necesidades nutritivas del cultivo. Con este propósito no es suficiente un simple retraso en la liberación de nutrientes, sino que debe poder sincronizarse a las necesidades del momento.

Los programas de fertilización deben diseñarse suficientemente flexibles, debido a que la conducta de los fertilizantes depende en gran medida de las condiciones medioambientales que le rodean, lo que implica situaciones de imprevisión por la ausencia de control sobre la mayoría de ellas; además, algunos de esos factores tienen, en sí mismos, consecuencias complementarias, como es el caso del descenso de la temperatura, que provoca una menor liberación de nutrientes a partir del fertilizante y, a su vez, una menor demanda de ellos por parte de las plantas (Allen, 1971.; Oertli, 1973.; Oertli y Lunt, 1962.).

El diseño de los fertilizantes es, obviamente, fundamental en este ajuste a las necesidades vegetales.

Un diseño apropiado puede conducir a la solución de un problema complejo, tal es el caso del trigo que necesita repentinamente un aporte importante de nutrientes en el momento de emerger las espigas; el empleo de recubrimientos perfectos de azufre (sin grietas ni orificios) conduce a que la liberación de nutrientes no se produzca hasta que la acción de los microorganismos haya eliminado una gran porción del azufre que recubre, produciendo de esta forma un aporte de nutrientes adecuado a las necesidades del cultivo en esa etapa (Jarrell et al., 1979.). También los cianuratos y otras triacinas ofrecen esta posibilidad (Hauck y Stephenson, 1964.; Prasad et al., 1971.).

c) Efecto residual: La liberación lenta de los nutrientes a partir de los fertilizantes de acción controlada posee muchísimas ventajas en todos los aspectos, pero por esta misma característica especial puede quedar en el suelo, después de la temporada de cultivo, una cierta cantidad del fertilizante sin utilizar que constituye su efecto residual. Esta porción del fertilizante sigue liberando nutrientes que no son utilizados por cultivo alguno y, por lo tanto, son susceptibles de perderse por cualquier vía. Por esta razón, si el efecto residual es grande, parte de las mejoras y ventajas experimentadas en el período de cultivo, se tornan inconvenientes al final de éste.

II.2. SALINIDAD DEL SUELO.

II.2.1. EXTENSION ACTUAL.

La importancia intrínseca de esta problemática se acrecienta por su extensión progresiva a muchas regiones del mundo. Se estima que, incluso, afectan a la tercera parte del total de los suelos de regadío (Yaron et al., 1969.). Estas áreas incluyen regiones de clima húmedo (Holanda, Suecia, Hungría y U.R.S.S.) así como zonas áridas y semiáridas (Suroeste de U.S.A., Australia, India y Medio Oriente.). Según Evans (1974) dejan de ser productivas 40000 Ha./año de terreno a causa de la salinidad, afectando especialmente a India, Sudáfrica, Uzbekistán (U.R.S.S.), España, U.S.A., Irán y Siria (en este último se estima que el problema afecta al 50% del total de los suelos de regadío).

Las acumulaciones de sales son, y han sido, hechos cotidianos en regiones áridas y semiáridas, en donde el aporte líquido es pequeño respecto a la pérdida por evaporación y transpiración, pudiéndose agravar por la existencia de aguas subterráneas poco profundas que afloran al exterior evaporándose y depositando las sales que poseen en disolución. No obstante, una mala política de fertilización, con un excesivo empleo de fertilizantes químicos, el aumento de contaminación atmosférica, la creciente demanda de alimentos unida a la mayor escasez de suelos agrícolas,

y el empleo de aguas de baja calidad para riego, dan como consecuencia que el problema se amplíe hasta incluir también regiones húmedas.

II.2.2. FACTORES DE QUE DEPENDE.

Tanto la nutrición vegetal como la estructura del suelo, tienen su base en el contenido y composición de las sales del mismo.

Dada la enorme importancia y el aumento de los problemas agronómicos derivados del exceso de salinidad en suelos, el estudio de ésta y sus efectos se ha convertido en objetivo fundamental en muchos lugares del mundo.

Entre las diversas procedencias de las sales que se aportan al suelo, son las principales: lluvia y viento, meteorización de minerales, sales fósiles y actividad humana. Por otro lado, la concentración de éstas en una determinada zona varía dependiendo de factores como: orografía del terreno, factores climáticos, régimen de vientos, vegetación, etc; se estima que en las franjas costeras existe un aporte de 100 a 200 Kg/Ha de NaCl debido a las partículas de sal arrastradas por el viento y lluvia (Downes, 1961.; Yaalon, 1963.). De entre las actividades humanas que propician enriquecimiento en sales es indudable que el riego desempeña un papel fundamental, ya que una calidad dudosa o mala de éste, y una deficiente utilización,

pueden acarrear problemas muy serios debido a la acumulación de aquéllas en el suelo (Bresler et al., 1982.).

Las principales sales involucradas en el problema son: NaCl, Na₂SO₄, Na₂CO₃, NaHCO₃, MgCl₂, MgSO₄, MgCO₃ y CaSO₄. El tipo de sal presente es también un factor importante, ya que puede conllevar problemas de toxicidad específica en vegetales y microorganismos del suelo, que se unirían a los derivados de la salinidad *per se*.

II.2.3. EFFECTOS PRINCIPALES.

El efecto que, directa o indirectamente, ejerce la salinidad sobre el rendimiento de los cultivos, se puede concretar en la influencia de ésta sobre tres importantes áreas:

- * Estructura del suelo,
- * Procesos biológicos del suelo y
- * Crecimiento y nutrición vegetal.

A continuación se describen estos efectos con especial hincapié en aquellos puntos que constituyen la base del estudio, y excluyendo el que corresponde al crecimiento y nutrición vegetal por no figurar entre las variables del diseño experimental empleado.

II.2.3.1. INCIDENCIA DE LA SALINIDAD, SOBRE LA ESTRUCTURA DEL SUELO.

Una salinidad elevada en la disolución del suelo afecta positivamente sobre la estructura del mismo, ya que provoca un estrechamiento de la doble capa difusa que rodea a cada partícula coloidal, permitiendo un mayor acercamiento entre ellas y, por lo tanto, su floculación.

Caso distinto son las fatales consecuencias derivadas del enriquecimiento del complejo de cambio de un suelo con cationes monovalentes (Na^+ principalmente), en detrimento de la presencia de divalentes (normalmente Ca^{++} y Mg^{++}) que son los principales responsables de la formación de agregados estables. Esta situación se puede alcanzar si en la disolución del suelo existe una elevada relación de Na^+ respecto a Ca^{++} y Mg^{++} , con independencia de la salinidad total presente, lo que se traduce en un elevado valor del S.A.R. de la disolución (Sodium Adsorption Rate: $[\text{Na}^+] / \sqrt{[\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}] / 2}$). También se puede experimentar un empobrecimiento en Ca^{++} del complejo de cambio cuando se emplean aguas de elevado R.S.C. (Residual Sodium Carbonate: $[\text{CO}_3^{=} + \text{HCO}_3^-] - [\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}]$) (Gupta, 1983.). Si el complejo de cambio es rico en Na^+ y se pierde agua de la disolución del suelo, o simplemente la salinidad de ésta disminuye por cualquier razón (lluvias, riegos de mejor calidad, etc.), se pueden experimentar expansiones de ciertos constituyentes, e incluso dispersión

completa de las partículas del suelo, que en último extremo, puede conducir a condiciones de impermeabilidad y anaerobiosis cuando a la dispersión acompañe una deposición de las partículas más finas en un nivel inferior del suelo.

Es importante constatar que suelos con excesiva presencia de Na^+ en su complejo de cambio, que no hayan sido deteriorados irreversiblemente, son susceptibles de recuperación mediante una correcta utilización de riegos ricos en Ca^{++} , aún cuando posean salinidad elevada (Misopolinos, 1985.), lo que destaca la importancia de una adecuada metodología de riego.

II.2.3.2. PROCESOS BIOLÓGICOS DEL SUELO: INFLUENCIA DE LA SALINIDAD SOBRE LA MINERALIZACIÓN DEL NITRÓGENO.

Debido a que la mayoría de las transformaciones químicas en el suelo dependen de los microorganismos que lo habitan, es lógico pensar que cualquier factor que influya sobre éstos, también lo hará sobre las reacciones de que sean responsables.

De entre todos los procesos del suelo nos ocuparemos de la mineralización del nitrógeno y, particularmente, de la forma en que se ve afectado por la salinidad.

La salinidad afecta al proceso de mineralización del nitrógeno por diversos cauces (Darrah, 1986.):

- a) Inadecuada relación $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ (Pang et al., 1973.),
- b) Elevada concentración salina (Johnson y Guenzi, 1963.), y
- c) Presencia de especies químicas tóxicas, como puede ser el Cl^- (Hahn et al., 1942.; Golden et al., 1984.), y $\text{SO}_4^{=}$ (Singh y Bajwa, 1986.; Agrawal et al., 1985.).

Además, la propia disolución o mineralización del compuesto fertilizante produce un aumento de la salinidad en sus proximidades, relacionada con el transporte difusivo y convectivo de esas especies químicas en el suelo, que afectará a la dinámica de mineralización del nitrógeno en esa zona (Darrah et al., 1986.), por lo que el problema se puede complicar aún más, si se incluyen estos dos nuevos factores indirectos.

Por otro lado, los efectos producidos serán más o menos severos según las consecuencias que la salinidad haya tenido sobre los microorganismos del suelo, éstos son (Darrah et al., 1986.):

* Inhibición irreversible, debida a muerte o inactivación de las células (habitualmente ruptura de éstas por excesiva presión osmótica), e

* Inhibición reversible, producida por un simple descenso de la actividad microbiana, como resultado de la inhibición intracelular de enzimas por la acumulación de solutos incompatibles.

La enorme importancia que posee esta problemática en el mundo ha desencadenado una importante corriente investigadora en este sentido, algunas de las conclusiones más relevantes a las que se ha llegado son:

* La respuesta de un suelo a la salinidad depende de si el suelo ya era salino, o ha sido salinizado posteriormente en el laboratorio. McClung y Frankenberger (1987) que ensayan con suelos salinos y no salinos a diferentes niveles de salinidad, obtenidos por lavado o por adición de sales, observan que en todos los casos un mismo nivel afecta más si se trata del suelo que inicialmente era no salino, consecuencia probable de un problema de adaptación de los microorganismos que viven en suelos de este tipo. También Gomah et al. (1989) observan que el aumento de la salinidad del suelo afecta menos cuando se parte de un suelo ya salino, probablemente por contener en sí mismo microorganismos amonificadores y nitrificadores halotolerantes.

* Gallardo-Lara et al.(1982) observan que existe diferencias en el comportamiento de suelos respecto a la salinidad, según sean de regadío o no, presentando el suelo de regadío mayor potencial nitrificante que el de seco, hecho que puede estar relacionado con los exudados radiculares de las especies vegetales cultivadas en cada caso.

* La salinidad que provenga de las propias enmiendas

también afecta a la mineralización del nitrógeno. Tester y Parr (1983) estudian el proceso de mineralización del nitrógeno que proviene del compost de lodos de depuradora, en relación a que se encuentre lavado de sales solubles o no, observando una mayor descomposición e inmovilización por la biomasa del suelo del nitrógeno mineral, en el caso del lodo lavado. Respecto al mismo abono García-Serna et al. (1988) concluyen que la salinidad del agua de riego, a niveles moderados, potencia el proceso de mineralización del nitrógeno, ya sea por aumento de la solubilidad del nitrógeno orgánico, o por estimulación de la descomposición microbiana de la materia orgánica del suelo (Broadbent y Nakashima, 1971.; Westerman y Tucker, 1974.). Por otro lado, otros autores constatan que un aumento desmesurado de la salinidad ya no es beneficioso sino perjudicial, y el exceso de sales puede inhibir la actividad microbiana (Johnson y Guenzi, 1963.); en este sentido Bandyopadhyay et al. (1983) evidencian que por encima de 10 mmhos/cm. la disminución experimentada en el proceso de mineralización es muy importante.

* McClung y Frankenberger (1985) ponen de manifiesto que al fertilizar con $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ y urea suelos salinizados con diferentes sales (Na_2SO_4 , NaCl y CaCl_2), y la dinámica del nitrógeno se ve menos modificada cuando se trata de Na_2SO_4 , que con NaCl o CaCl_2 ; el efecto más acusado se experimenta en el proceso de nitrificación, puesto en evidencia por la acumulación de NO_2^- y la volatilización de NH_3 . No obstante,

las respuestas dependen en gran medida de las características del suelo, acentuando la importancia que posee el conocimiento de las propiedades del medio, cuando se aplican fertilizantes amoniacales a suelos salinos. Jacobsen et al. (1985) y Roseberg et al. (1986) observan también que el Cl^- es un inhibidor más efectivo que el $\text{SO}_4^{=}$ en el proceso de mineralización del nitrógeno en el suelo, aunque no se observan efectos del NaCl cuando su concentración es inferior al 1% (Sindhu y Cornfield, 1967.); Darrah et al. (1987) añaden que el Cl^- afecta en mayor medida por sí mismo (toxicidad específica), que por la presión osmótica que produce.

No obstante, este efecto que ejerce el Cl^- sobre el proceso de mineralización del nitrógeno, puede emplearse favorablemente ya que, en sí, es una forma de evitar posibles pérdidas de este elemento por desnitrificación y lixiviación (Li Yingquiang, 1987.), siendo especialmente importante en las plantaciones de té (Golden et al., 1984.).

La influencia de la salinidad sobre los fertilizantes nitrogenados es diversa; desde inapreciable en el caso de aquellos donde el nitrógeno se encuentra en formas solubles asimilables por las plantas, hasta los que por necesitar transformaciones en el suelo acusan de manera importante sus efectos. En este último caso se encuentra la urea, fertilizante muy utilizado desde su implantación en el mercado y punto de mira de nuestra investigación.

Al agregar urea al suelo, ésta sufre un proceso de hidrólisis, catalizado por la enzima ureasa presente, y una ulterior amonificación seguida de nitrificación. La etapa de hidrólisis, aunque rápida (seis días o menos) (Shimizu, 1986b; Kumar et al., 1988.), se encuentra muy afectada por el aumento del pH y descenso de materia orgánica (Singh y Bajwa, 1986.), por la presencia de sales (Frankenberger y Bingham, 1982.), y la existencia de cloruro (Shindu y Cornfield, 1967.). Respecto a la nitrificación, que se lleva a cabo en tres semanas (Shimizu, 1986b.), influyen sobre ella de forma importante la presencia de Cl^- y $\text{SO}_4^{=}$, valor del pH, nivel de $\text{CO}_3^{=}$ y conductividad eléctrica (Agrawal et al., 1985.; Campino, 1982.; McClung y Frankenberger, 1985.), y salinidad del agua aplicada (Kumar, 1988.).

III. MATERIALES Y METODOS.

III.1. FERTILIZANTES.

III.1.1. NITROFOSKA PERMANENT.

Se trata de un abono lento comercializado por BASF, que contiene:

* 15% de nitrógeno distribuido en:

6% procedente de Isodur y amídico (Isodur es el nombre comercial dado al compuesto isobutilidendiurea (IBDU)),

4% nítrico y

5% amoniacal.

* 9% de anhídrido fosfórico, soluble en agua y citrato amónico,

* 15% de óxido de potasio, soluble en agua y procedente de sulfato,

* 1.2% de magnesio,

* 5.3% de azufre,

* 0.1% de manganeso y

* 0.02% de cinc.

III.1.2. NITROFOSKA.

Es un fertilizante granulado, comercializado también por BASF, cuyo comportamiento ya no es de acción lenta. Se presenta comercialmente con diversas composiciones, de las que se eligió para la experiencia aquella

que contiene:

* 15% de nitrógeno, distribuido en:

8.3% amoniacal y

6.7% nítrico,

* 15% de fósforo: fosfato amónico y fosfato bicálcico y

* 15% de potasio: cloruro potásico.

III.1.3. UREA.

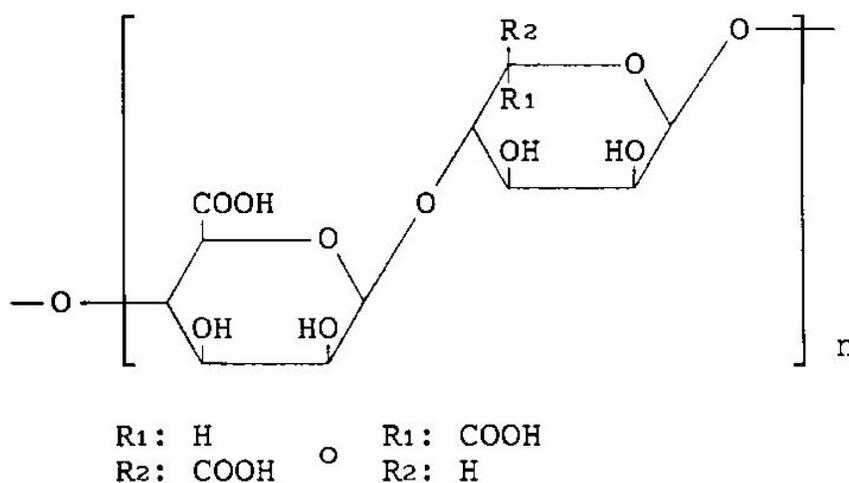
Se ha empleado urea (NH_2CONH_2) granulada comercial con una riqueza en nitrógeno del 45.5%, según análisis efectuado mediante el método Kjeldahl de determinación de nitrógeno (Etchevers, 1987.).

III.2. RECUBRIMIENTOS.

III.2.1. COMPUESTOS EMPLEADOS.

III.2.1.1. ACIDO ALGINICO.

Este es un polímero con varias porciones de ácido D-Manurónico y L-Glucurónico. Se encuentra en algas marrones como un complejo insoluble de alginatos de K, Na, Ca y Mg. Los alginatos se emplean principalmente para mejorar la textura de alimentos y como recubrimientos (Hirst, E. et al., 1963; Percival, E., 1970.). Obedece a la fórmula $(C_6H_8O_6)_n$, y su estructura es:



El recubrimiento se llevó a cabo en disolución, para ello fue necesario efectuarla en medio básico; con este fin se eligió KOH por no aportar Na^+ que pueda ser tóxico para los microorganismos del suelo. La disolución empleada se encuentra próxima al punto de saturación con el fin de aportar la mayor cantidad de

producto con el menor número de aplicaciones, presentando en estas condiciones un color ligeramente amarillento, y un aspecto oleaginoso.

La composición de la disolución empleada es: 3.2 g. de KOH y 17.98 g. de ácido algínico, disuelto todo en 350 ml. de agua destilada. Dependiendo de las aplicaciones de esta disolución se obtendrán diferentes porcentajes de recubrimiento en el fertilizante. Se empleó el ácido algínico comercializado por Sigma.

Los fertilizantes empleados, tanto los comerciales como los obtenidos una vez aplicado el recubrimiento, se presentan en la fotografía 1. La fotografía 2 muestra en detalle las superficies de los mismos, ampliadas a 85 aumentos.

III.2.1.2. ACIDOS HUMICOS.

El humus del suelo no posee una composición definida, sino que se debe considerar como un material heterogéneo constituido por un conjunto de sustancias altamente polimerizadas, coloreadas del amarillo al negro, amorfas y con propiedades coloidales e hidrofílicas muy marcadas, alta capacidad de cambio y gran densidad de grupos de carácter ácido (carboxílicos y fenólicos). La composición porcentual media encontrada en diversas sustancias húmicas es de C:52%, N:3%, H:5% y O:40% (Russell et al., 1983.).

El humus se ha fraccionado analíticamente de forma arbitraria, dependiendo del pH al que es insoluble, o a la diferente solubilidad en diversos líquidos. Las fracciones más destacadas son:

- * Ácidos húmicos (insoluble en ácidos, pero soluble en bases),
- * Ácidos fúlvicos (soluble en ácidos y bases) y
- * Huminas (insoluble en ácidos y bases).

Los dos primeros se extraen de la materia orgánica con un disolvente adecuado, habitualmente una disolución básica, y se separan por precipitación de los ácidos húmicos a pH ácido (entre 1 y 2).

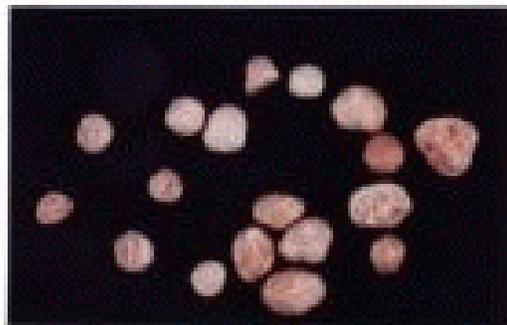
Estos ácidos húmicos se componen principalmente de:

- * Anillos aromáticos,
- * Compuestos nitrogenados en forma cíclica y en cadenas periféricas de tipo alifático, y
- * Posibles sustancias reductoras, mezcla de carbohidratos probablemente.

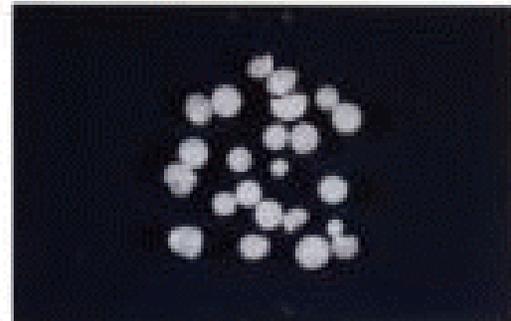
Son polímeros de elevado peso molecular, cuyo carácter aromático crece con la madurez de los ácidos húmicos, y suelen poseer color marrón oscuro.

El carácter ácido se debe a la presencia en su molécula de numerosos grupos ácidos, especialmente carboxilos y fenoles. Estos son los determinantes de la

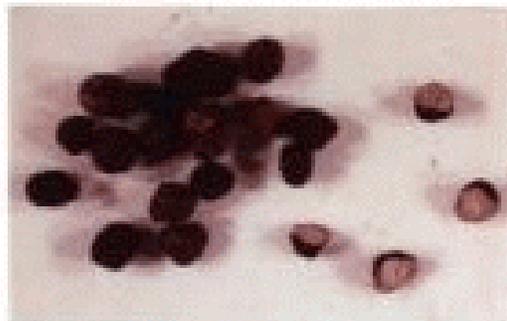
capacidad de cambio de los ácidos húmicos y de la tendencia a retener metales, bien formando sales o por formación de complejos, aunque esta acción es menos intensa que en los ácidos fúlvicos (Cegarra, 1975; Vaughan y Ord, 1985.).



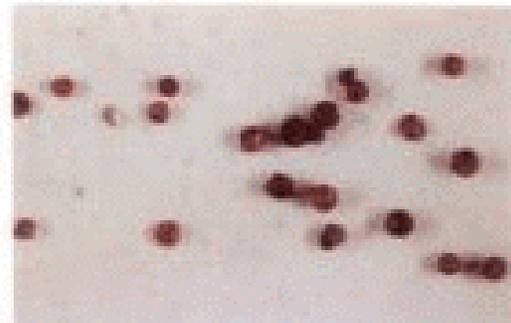
Nitrofoska



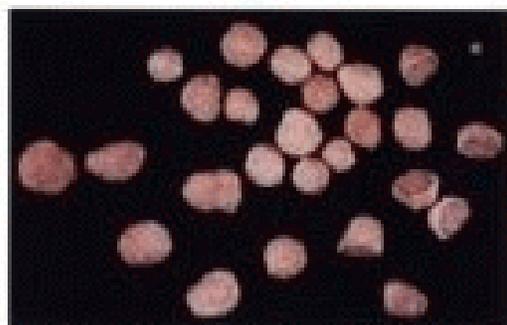
Urea



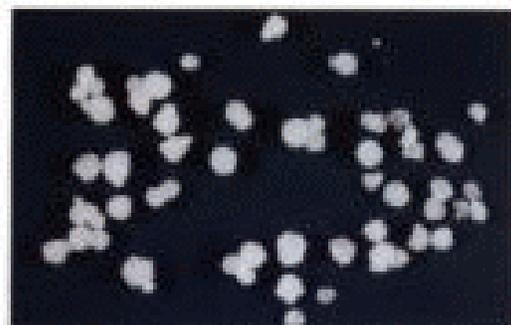
Nitrofoska + A. Húmicos



Urea + A. Húmicos

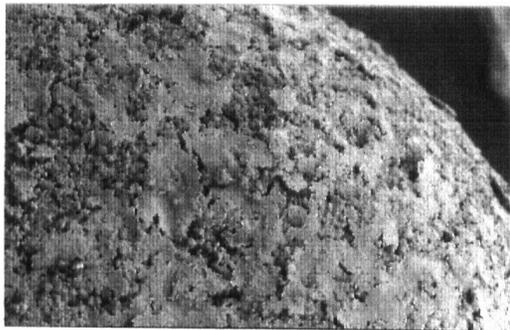


Nitrofoska + A. Alginico

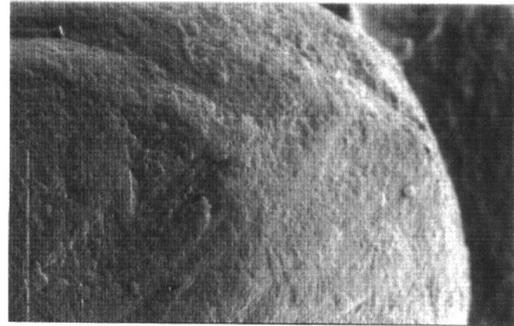


Urea + A. Alginico

Fotografía 1: Fertilizantes empleados en la experiencia.



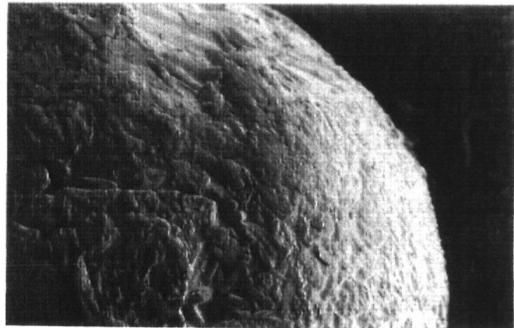
Nitrofoska



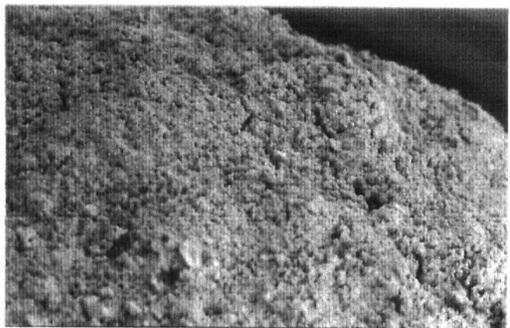
Urea



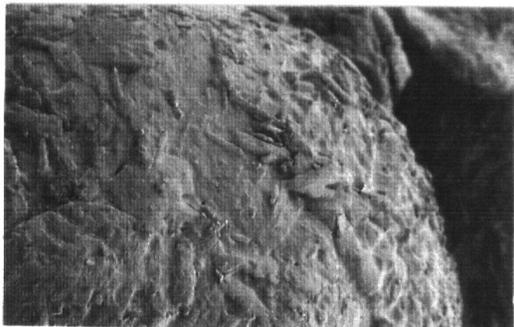
Nitrofoska + A. Húmicos



Urea + A. Húmicos



Nitrofoska + A. Algínico



Urea + A. Algínico

Fotografía 2: Detalle de la superficie de los fertilizantes, a 85 aumentos.

Se empleó en esta ocasión la sal sódica de ácidos húmicos comercializada por Aldrich Chemical Company, Inc. Se utilizó una cantidad de ácidos húmicos igual al 1% del peso de material a recubrir, y se disolvió en la mínima cantidad de agua, de esta forma el recubrimiento constituye el 1% del fertilizante obtenido.

Los fertilizantes empleados y el detalle de su superficie a 85 aumentos, se muestra en las fotografías 1 y 2.

III.2.2. ELABORACION.

III.2.2.1. APLICACION.

Las disoluciones de ácidos húmicos y ácido algínico, obtenidas de la forma expuesta en el apartado anterior, se agregaron a los fertilizantes Nitrofoska y urea en pequeñas dosis hasta que el recubrimiento obtenido se consideró satisfactorio.

En el caso de Nitrofoska, se observó que la adición de la disolución del material de recubrimiento producía hidratación del gránulo, perdiendo sus características de rigidez y dureza; con el fin de evitar este problema se aceleró el proceso de secado sometiendo el material a 60° durante algunos minutos. Tanto durante la adición de disolución, como en el proceso de secado, se evitó la formación de apelmazamientos.

III.2.2.2. PROCESO DE SECADO.

A este proceso se sometieron tanto el Nitrofoska como la urea, por lo que se debía tener en cuenta la posible pérdida que pudiera llevarse a cabo, en el

caso de la urea, como consecuencia de la volatilización.

Se comprobó que una cierta cantidad de urea (20.9742 g.) experimentó una pérdida de tan solo el 0.028% en peso cuando se expuso durante 25 h. 20 min. a la temperatura de 700° C.

III.2.2.3. DOSIFICACION.

La cantidad de cubriente agregada fue distinta según el material tratado:

* Con ácidos húmicos representa el 1% del peso de fertilizante recubierto. Se eligió esta cantidad por existir en el mercado un fertilizante mejorado con el 1% de sustancias húmicas (Umex-Band G 0-40-0, producido por EniChem Agricultura SpA.), y

* Con ácido algínico se agregó disolución tantas veces como fue necesario hasta conseguir un recubrimiento apreciable. En el caso de Nitrofoska se emplearon 27.5 ml. para recubrir 150 g., y con urea 18.5 ml. para 55 g; si se tiene en cuenta la composición de la disolución (350 ml. de agua destilada + 3.2 g. de KOH + 17.98 g. de ácido algínico) supone recubrimientos del 1.1% en peso para el Nitrofoska, y del 2% en peso para la urea.

III.3. EXPERIENCIA.

III.3.1. PRELIMINARES.

Se experimentó con ocho fertilizantes y cinco niveles de salinidad en el riego obtenidos por disolución de NaCl (Figura 8), que conduce a 40 tratamientos diferentes fertilizante-riego. El suelo se dispuso en tiestos de plástico de 4 kg. de capacidad, y se le adicionó el fertilizante en superficie. Cada tratamiento se preparó por triplicado, con el fin de tomar tres muestras equivalentes que conduzcan a valores medios más significativos, por lo que el total de tiestos empleado fue de 120.

Figura 8: Fertilizantes y riegos empleados.

FERTILIZANTES.	RIEGOS.
T = TESTIGO.	DESTILADA.
NP = NITROFOSKA PERMANENT.	2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
N = NITROFOSKA.	3500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
NAH = NITROFOSKA + ACIDOS HUMICOS.	4500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
NAA = NITROFOSKA + ACIDO ALGINICO.	7500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
U = UREA.	
UAH = UREA + ACIDOS HUMICOS.	
UAA = UREA + ACIDO ALGINICO.	

Estos 120 tiestos se dispusieron en el invernadero de investigación según la fotografía

3.



Fotografía 3: Disposición en el invernadero de los tiestos empleados en la experiencia.

III.3.2. DOSIFICACION DEL FERTILIZANTE.

Los fertilizantes se agregaron al suelo en dosis de 2000 Kg. N/Ha. Si se toma como densidad media del suelo 2600 Kg/m^3 , y una profundidad de 0.20 m., da como consecuencia una dosis de 0.385 g. N/Kg. suelo.

Teniendo en cuenta que Nitrofoska Permanent y Nitrofoska se componen del 15% de nitrógeno, la urea del 45.5%, y que cada tiesto contiene 4 Kg. de suelo, las dosis prácticas deben ser de 10.3 y 3.4 g./tiesto, que se distribuyeron en superficie.

III.3.3. RIEGOS.

La humedad se controló mediante un tensiómetro colocado en un tiesto testigo que se dispuso entre los de la experiencia (Fotografía 3).

La dosificación del riego fue tal que la humedad se mantuvo entre los límites de 1/2 y 1/3 de la capacidad de campo del suelo empleado, siendo ésta de 292.5 ml/Kg. de suelo. También se comprobó experimentalmente que la graduación del tensiómetro utilizado coincide aproximadamente con 14.3% de humedad para 1/3 de la capacidad de campo, y con 46.6% de humedad para 1/2.

III.3.3.1. AJUSTE DEL TENSIONMETRO AL SUELO.

Para ello se dispuso el tensiómetro en un tiesto de idénticas características a los utilizados en la experiencia, y con 4 Kg. de suelo; se regó con una cierta cantidad de agua y a continuación se determinó, mediante pesada diferencial, el contenido en agua del suelo, expresándolo en porcentaje de la capacidad de campo. En cada ocasión se consignó además la lectura del aparato, que da lugar a la tabla III.

Los datos obtenidos se ajustaron a una recta que relaciona las lecturas medidas con el tensiómetro y la humedad real del suelo. El ajuste es aceptable y da lugar a los siguientes resultados:

Tabla III: Contenido de humedad del suelo, determinado por el tensiómetro y por pesada diferencial.

% humedad. (aparato)	% capacidad de campo. (pesada)
16	39
16	34
24	38
40	45
46	45
52	54
66	62
70	59
76	67
90	73

Regresión lineal:

$$y = 1.9 x - 48.4412;$$

$$(r^2 = 0.959).$$

Donde:

x: Humedad del suelo determinada por pesada, y expresada como % de la capacidad de campo, e

y: Lectura del tensiómetro.

Efectuando la interpolación de los valores 1/2 y 1/3 de la capacidad de campo:

x = 33% (1/3 de la capacidad de campo); y = 14.3%.

x = 50% (1/2 de la capacidad de campo); y = 46.6%.

III.4. MUESTREO.

III.4.1. TOMA DE MUESTRAS.

El proceso de toma de muestra se llevó a cabo extrayendo de cada tiesto una porción del perfil completo presente en cada caso. Una vez efectuado, se sometía el suelo restante a una pequeña labor, con el fin de evitar la existencia de canales preferentes por los que pudiera perderse los riegos posteriores.

III.4.2. MANIPULACION.

Todas las muestras así obtenidas se dejaban secar al aire 48 horas y a continuación se disgregaban y tamizaban a 2 mm. Partes iguales de cada una de las tres repeticiones se unieron y homogeneizaron con el fin de obtener una única muestra representativa de cada tratamiento, almacenándolas en bolsas de plástico.

III.4.3. EPOCA DE MUESTREO.

Se llevó a cabo cada dos semanas durante las primeras seis tomas (12 semanas), y cada cuatro semanas las restantes cinco tomas (20 semanas). Lo que da como consecuencia 11 tomas distribuidas durante 32 semanas según la forma descrita.

III.5. ANALISIS DE LAS MUESTRAS.

III.5.1. DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA E.U.F. (ELECTROULTRAFILTRACION).

III.5.1.1. BREVE DESARROLLO HISTORICO DEL METODO.

Esta metodología de extracción se conoce desde hace bastantes años, aunque la mayor evolución se ha llevado a cabo en los últimos tiempos.

Hace cien años ya se utilizaba la diálisis para separar los iones de los coloides, en base a un principio de difusión a través de una membrana semipermeable, resultando un proceso muy lento; por otro lado, también se empleaba una ultrafiltración separando los coloides en un filtro adecuado y lavando los iones a su través.

Más adelante, Morse y Pierce (1903) desarrollaron un método de electrodiálisis, consiguiendo acelerar el proceso; no obstante, su duración era todavía de 20-50 horas y conllevaba un importante descenso del pH.

Bechold sugirió en 1925 combinar la ultrafiltración con la electrodiálisis y denominó al método electroultrafiltración, donde se eliminaban rápidamente los iones de la célula del aparato y las variaciones del pH eran pequeñas.

Posteriormente el desarrollo fue muy lento

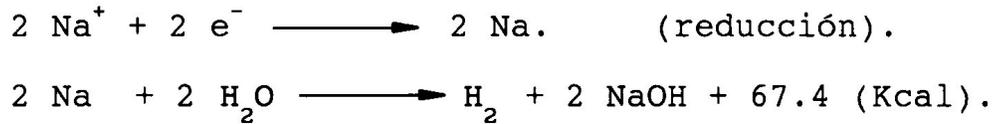
por la inexistencia de técnicas analíticas suficientemente sensibles, hasta que en 1966 Jung y Nemeth trabajan con un prototipo del modelo actual, y en 1978 Grimme evaluó la adsorción de nutrientes a voltaje constante utilizando la isoterma de Langmuir modificada. En la actualidad, con la incorporación de Autoanalizadores y Absorción Atómica a los equipos analíticos, el método E.U.F. ha cobrado su máximo desarrollo.

III.5.1.2. PRINCIPIO DEL METODO.

La utilidad de este método consiste en simular los procesos naturales que se desarrollan en el suelo mediante la aplicación de una diferencia de potencial, la cual produce una migración de las especies cargadas hacia su electrodo respectivo, y succión que acelera el proceso de filtración a través de una membrana de acetato de celulosa previamente humedecida. De esta forma es posible determinar en un corto espacio de tiempo las características de liberación de determinados nutrientes, a partir de un sustrato o fertilizante concretos, y permite el estudio de su cinética, previa aplicación de un modelo matemático a los valores obtenidos en cada fracción. Adicionalmente puede acompañarse el proceso descrito con un aumento de temperatura, usualmente a 80°C, que dará información sobre porciones menos lábiles del elemento estudiado (Figura 9).

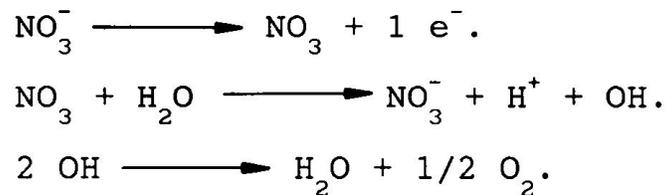
Cuando los iones alcanzan el electrodo al que migran, por la diferencia de potencial establecida, experimentan las siguientes reacciones:

a) En el caso de cationes, la reacción es análoga a la que se produce con el Na^+ :



El carácter exotérmico de la segunda reacción puede dar lugar, en el caso de elevadas concentraciones catiónicas, a un aumento involuntario de la temperatura de la célula.

b) Los aniones, por su parte, sufren un proceso análogo al que se describe para el NO_3^- :



En general, se observa que los cationes se recogen en forma de hidróxidos, y los aniones como ácidos.

Por otro lado, en caso de investigar el comportamiento de un determinado suelo, las partículas de arcilla existentes migran hacia el ánodo virtud a su carga negativa inherente. Una vez allí, son incapaces de atravesar la membrana filtrante y se produce un depósito que hace disminuir el flujo líquido a través de ella, lo que se puede relacionar con la cantidad de arcillas presente.

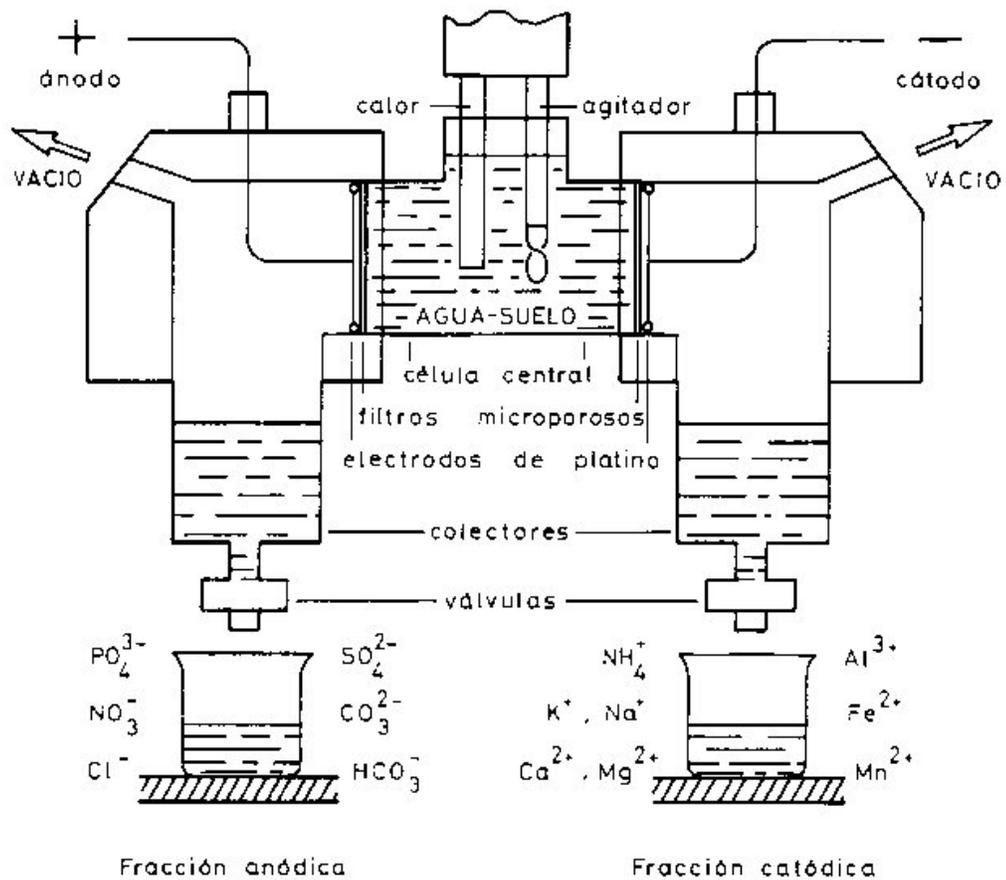


Figura 9: Esquema del sistema de electroultrafiltración.

Cada extracción E.U.F. depende de multitud de variables que, al optimizarlas según los objetivos perseguidos, dan lugar a una rutina de extracción que constituye el programa propiamente dicho.

III.5.1.3. VENTAJAS Y LIMITACIONES.

Por último, las características del método agrupan un cierto número de ventajas, desventajas y limitaciones; respecto a las primeras, las más relevantes

son:

- a) Utiliza como extractante agua, y no un compuesto químico ajeno a las condiciones reales del suelo,
- b) Extrae los aniones y cationes en forma de ácidos e hidróxidos respectivamente,
- c) Da información sobre intensidad, cantidad lábil y reserva de nutrientes en el suelo,
- d) Determina diversas fracciones de elementos de cambio y de diferente solubilidad, así como el ritmo de desorción de los elementos desde la fase sólida a la disolución del suelo,
- e) Proporciona un índice de los elementos fijados entre las láminas de arcilla, que se pueden incorporar al conjunto de nutrientes disponibles por la planta,
- f) Informa sobre el ritmo de mineralización y la labilidad del nitrógeno orgánico del suelo, o de un abono orgánico,
- g) Evalúa la eficacia de una fertilización, informando de la correcta dosificación de los fertilizantes,
- h) Determina la fracción realmente activa del coloide del suelo,
- i) Informa sobre la interacción suelo-plaguicidas,

j) Puede aplicarse al fraccionamiento de elementos en fertilizantes, determinando así su calidad,

k) Puede servir como método de referencia para comprobar la utilidad de una solución extractora convencional, para un tipo de suelo determinado, y

l) Se puede utilizar en la purificación de ácidos húmicos, liberándolos de los cationes que tengan retenidos.

Ya dentro del grupo de desventajas y limitaciones, las más importantes se citan a continuación:

m) Se debe simultanear con Autoanalizador y Absorción Atómica, debido al elevado número de muestras a analizar y la exactitud y precisión requerida,

n) Debido a que los cationes se obtienen en forma de hidróxidos, los metales como el Fe, Mn, Cu, Zn y Mg quedan depositados, en su mayor parte, en el filtro en forma de óxidos, por lo que se tiene tan solo información acerca de la cantidad global disponible de estos elementos, y no un fraccionamiento como en las demás especies, y

ñ) La salinidad del suelo provoca un exceso en la intensidad de la corriente que no permite la reproducibilidad; este hecho, no obstante, ya ha sido solventado en los aparatos de última generación.

III.5.2 PROGRAMA E.U.F. EMPLEADO.

En nuestra experiencia se han utilizado dos programas diferentes, según se destinara al seguimiento de las muestras de suelo, o a la comparación y estudio de la cinética de liberación de nutrientes a partir de los fertilizantes ensayados.

III.5.2.1. PROGRAMA EMPLEADO EN LAS MUESTRAS DE SUELO.

En cada extracción se utilizaron 3 g. de muestra sometidos a las siguientes etapas:

- I. Extracción de 30 min. a 200 V., 20°C y 15 mA.
- II. Extracción de 5 min. a 400 V., 80°C y 150 mA.

La etapa I corresponde a la porción de nutrientes lábil o moderadamente retenida, mientras que la II se puede asimilar a la fuertemente retenida.

Este mismo programa se empleó para extraer la arcilla contenida en el suelo ya que, como se ha explicado, sus cargas inherentes hacen que quede retenida en el filtro anódico y sea sencilla su separación del resto de la matriz del suelo.

III.5.2.2. PROGRAMA EMPLEADO EN LAS MUESTRAS DE FERTILIZANTES.

Se empleó una modificación del método propuesto por Díez et al. (1991); en él se someten 0.5 g. de fertilizante a las siguientes etapas:

I. Seis extracciones de 5 min. a 200 V., 20°C y 15 mA.

II. Dos extracciones de 5 min. a 400 V., 20°C y 150 mA.

En principio el método ha sido aplicado y optimizado a la evaluación de la cinética de liberación de nutrientes a partir de fertilizantes de liberación lenta del tipo recubierto. De esta forma, las primeras seis fracciones, correspondientes a la etapa I, dan información acerca del ritmo de liberación del nutriente a través de la capa de recubrimiento, mientras que la etapa II se encuentra relacionada con la estabilidad de la cubierta. Se observa, además, la ausencia de calentamiento en todo el proceso con el fin de asegurar la estabilidad de la cubierta empleada.

Una vez analizadas todas y cada una de las fracciones se representa gráficamente la cantidad de nutriente liberado (nitrógeno en nuestro caso), expresado en % referido a la cantidad inicialmente presente en los 0.5 g. de fertilizante, frente al tiempo. De esta forma se obtiene, en caso de tratarse de fertilizantes de liberación lenta del tipo recubierto, una primera parte, correspondiente

a la etapa I, que es próxima a la linealidad y ligeramente cóncava, de la que se extraen los parámetros cinéticos, y una segunda parte, que corresponde a la etapa II, de la que se obtiene información acerca de la eficacia de la cubierta empleada.

III.5.3. ANÁLISIS DE LOS EXTRACTOS.

Los extractos obtenidos de cada muestra, según el procedimiento descrito, fueron sometidos a análisis con el fin de determinar los niveles de Cl^- , N-NH_4^+ , N-NO_2^- y N-NO_3^- presentes en ellos.

III.5.3.1. CLORURO.

Fue determinado por el método de Mohr, que consiste en la valoración con AgNO_3 , en presencia de K_2CrO_4 como indicador, resultando un viraje de amarillo a rojizo (Rodier, 1981.).

III.5.3.2. N-AMONIO.

El ión amonio es susceptible de determinación colorimétrica a 640 nm., si se transforma en Azul de Indofenol por reacción con hipoclorito sódico y fenol en medio alcalino, y en presencia de nitroprusiato que actúa como catalizador (Rodier, 1981.).

III.5.3.3. N-NITRITO.

Para ello se empleó el método que consiste en la diazotación de la sulfanilamida en medio ácido y su copulación con la N-(1-naftil)-etilendiamina, lo que da lugar a un complejo coloreado púrpura susceptible de determinación colorimétrica a 543 nm. (Rodier, 1981.).

III.5.3.4. N-NITRATO:

En este caso se empleó la capacidad del ión nitrato para absorber radiación ultravioleta, empleando para ello las de 220 nm. y 275 nm. (Panreac, 1984.).

Todas las determinaciones colorimétricas se efectuaron con el aparato UV-VISIBLE RECORDING SPECTROPHOTOMETER UV-160 de Shimadzu.

III.5.4. ANALISIS DE LAS MUESTRAS SOLIDAS.

III.5.4.1. CONDUCTIVIDAD.

Se determinó en extractos 1:5 (suelo:agua), obtenidos mediante agitación durante 1 hora y posterior filtrado. La medida de la conductividad se efectuó con el aparato modelo CONDUCTIMETER 525 de Crison.

III.5.4.2. N-KJELDAHL.

Se empleó el método descrito por Etchevers (1987), que consiste en la determinación del amoníaco presente en la muestra después de la conversión del nitrógeno orgánico a nitrógeno amoniacal mediante una digestión ácida. Este N-Kjeldahl, por lo tanto, corresponde a la suma del N-orgánico y N-NH_4^+ contenidos en la muestra.

En nuestro caso la digestión se llevó a cabo en medio sulfúrico y en presencia del catalizador compuesto por: $\text{Se} + \text{CuSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$, en una manta calefactora provista de extractor de humos y temporizador (modelo BLOC DIGEST 12 de Selecta). La disolución resultante se sometió, previa alcalinización del medio, a destilación con arrastre de vapor del NH_3 producido en la digestión; el destilado obtenido se recogió sobre una disolución de ácido bórico con indicador mixto compuesto por rojo de metilo y verde de bromocresol, utilizando para ello un aparato modelo PRO-NITRO S-627 de Selecta. La disolución obtenida se valora por retroceso con HCl que hace virar de verde a rojo el indicador.

III.6. DETERMINACION DEL TIPO DE ARCILLA.

Con este propósito se sometió a Difracción de Rayos X la arcilla contenida en el suelo, que se aisló mediante el proceso E.U.F. Como paso previo se saturó con Mg^{++} a fin de obtener unos espaciados basales comparables con las tablas de que se dispone.

Los resultados que se obtienen de un primer análisis son los que se exponen en la tabla IV y en la figura 10. Su estudio, aunque a falta de comprobaciones posteriores, conduce a que entre las arcillas se cuenta con montmorillonitas y, posiblemente, con kaolinita.

La modificación que experimentan los espaciados basales por tratar la muestra con etilenglicol reafirma la existencia de montmorillonitas, aunque persiste la duda respecto a la kaolinita (Tabla IV y figura 11).

Tabla IV: Resultados de la Difracción de Rayos X aplicada a la arcilla (θ : Angulo de difracción y D: espaciado basal).

θ (Mg^{++})	D	θ (etilenglicol)	D	Arcilla
2.241	39.3921	3.876	22.7772	
5.660	15.6029	5.276	16.7348	Esmectita
6.176	14.2985			
8.920	9.9062	8.935	9.8895	Illita
12.456	7.1006	12.463	7.0965	¿Kaolinita?

Al someter la muestra a 550°C desaparece la

señal todavía sin asignar, por lo que debe atribuirse definitivamente a la kaolinita.

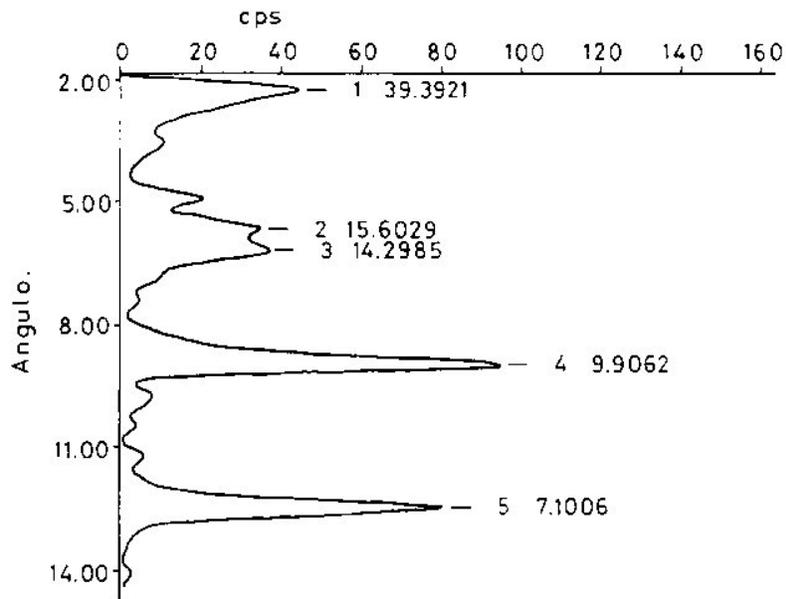


Figura 10: Espectro de Difracción de Rayos X de la arcilla saturada con Mg^{++} .

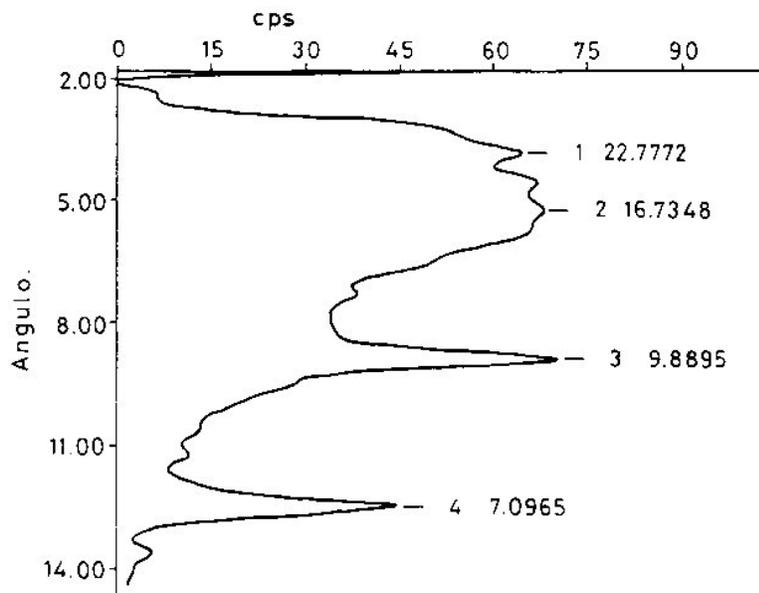


Figura 11: Espectro de Difracción de Rayos X de la arcilla saturada con Mg^{++} y tratada con etilenglicol.

III.7. CARACTERIZACION DEL SUELO.

El suelo empleado procede de la Vega Media del Vinalopó, en la provincia de Alicante, que en el momento de su recolección se encontraba en barbecho. Posee las siguientes características:

Arena		18 %	
Limo		48 %	
Arcilla		34 %	
Materia Orgánica		1.2%	
Carbonato total		40 %	
Caliza Activa		15.5 %	
Potasio	(NH ₄ Ac)	30.6	ppm.
Sodio	"	33	"
Magnesio	"	53.2	"
Calcio	"	1807.12	"
Nitrógeno Kjeldahl		962	"
Fósforo Asimilable (Burriel-Hernando)		7.02	"
pH: 7.3			
Conductividad (1:5)		1.082 mS/cm.	

Se trata de un suelo calizo con textura franco-arcillo-limosa. Su conductividad y los niveles de carbonato total y caliza activa son altos, muy bajos los de materia orgánica y fósforo asimilable, y normales el resto de valores.

III.8. ANALISIS ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS.

III.8.1. FUNDAMENTO TEORICO.

Puesto que estamos interesados en investigar la existencia o no de diferencias significativas producidas por la actuación de los factores riego y fertilizante, a través de las distintas mediciones de una serie de variables independientes, la técnica estadística que hemos utilizado en nuestro trabajo ha sido el Análisis Multivariante de la Varianza (MANOVA).

El análisis MANOVA no es más que una extensión de las técnicas clásicas del Análisis de la Varianza (ANOVA). Las hipótesis contrastadas con MANOVA son similares a las del análisis univariante, la diferencia reside en que el conjunto de medias de las variables independientes sustituye a las medias individuales utilizadas en ANOVA. Aunque podríamos haber realizado distintos análisis univariantes para cada una de las variables dependientes (conductividad, N-amonio, N-nitrito y N-nitrato), éstos ignorarían la relación existente entre cada una de estas variables, y en consecuencia nos podrían conducir a resultados erróneos desde un punto de vista estadístico y práctico.

El Análisis Multivariante de la Varianza lo hemos realizado en dos etapas. En la primera de ellas hemos contrastado la hipótesis general sobre la igualdad del

vector de medias para los distintos factores que definen el modelo. Si este análisis es significativo, entonces pasamos a una segunda etapa que consistirá en intentar explicar las diferencias existentes entre los distintos grupos.

En el caso más general del MANOVA con dos factores el modelo lineal que se postula viene dado por:

$$Y_{\alpha rci} = \mu_{\alpha} + \Pi_{\alpha r} + \beta_{\alpha c} + \nu_{\alpha rc} + e_{\alpha rci}.$$

Según este modelo las predicciones están basadas en la suma de cuatro componentes:

μ_{α} : media general para la variable α de las distintas poblaciones,

$\Pi_{\alpha r}$: es el efecto del tratamiento r sobre la variable dependiente α ,

$\beta_{\alpha c}$: representa el efecto del tratamiento c del segundo factor sobre la misma variable dependiente,

$\nu_{\alpha rc}$: corresponde al efecto producido por la interacción entre los tratamientos r y c del primer y segundo factor respectivamente, y

$e_{\alpha rci}$: es el error experimental, el cual se supone distribuido normal e independientemente con media cero y varianza constante.

Evidentemente, antes de aplicar el modelo hemos comprobado la normalidad y homocedasticidad de los datos, recurriendo para ello a los análisis multivariantes de Cochran y M-Box, y a los univariantes de Box. Dada la

gran cantidad de información que obtenemos con estos análisis previos, y al poco interés que conllevan en nuestro estudio, nos limitamos simplemente a reseñarlos y no acompañamos los resultados extraídos.

Puesto que del conjunto de variables independientes hay algunas que en realidad son dependientes de las otras (N-mineral, N-orgánico y N-total), cuando estudiemos estas variables cuasi-dependientes recurriremos a un nuevo tipo de análisis estadístico más apropiado para estos casos. Este nuevo método estadístico es el Análisis Multivariante de la Covarianza (MANCOVA), cuya estructura es análoga al MANOVA, pero teniendo en cuenta en su modelo lineal general la «dependencia» entre ciertas variables independientes respecto del resto, aprovechando de esta manera la información proporcionada por esta relación.

III.8.2. APLICACION A LOS RESULTADOS.

Los valores obtenidos por los diferentes análisis se agrupan mediante uno, o dos, de los tres factores que intervienen: fertilizante, riego y toma; de esta forma se puede desarrollar el análisis según una de las cuatro posibilidades siguientes:

I. Agrupar según las distintas categorías de los factores riego y toma, por lo que se obtienen 55 grupos de siete valores cada uno,

II. Agrupar según las diversas categorías de los factores

fertilizante y toma, por lo que se obtienen 77 grupos de cinco valores cada uno,

III. Agrupar según las distintas categorías de los factores riego y fertilizante, por lo que se obtienen 35 grupos de once valores cada uno, y

IV. Agrupar según las diversas categorías de un solo factor, por lo que se obtienen 5, 7 u 11 grupos, dependiendo de que se trate de riego, fertilizante o toma respectivamente.

Las diferencias entre los grupos se ponen de manifiesto mediante un análisis estadístico distinto según la variable estudiada:

a) Cuando se trata de las variables: conductividad, N-amonio, N-nitrito y N-nitrato se utilizó un Análisis Multivariante de la Varianza (MANOVA) en forma multifactorial de factores simples, y unifactorial.

b) Si se estudian las covariables: N-mineral (NMIN), N-orgánico (NORG) y N-total (NTOTAL) se emplea el Análisis Multivariante de la Covarianza (MANCOVA) en forma multifactorial de factores simples, y unifactorial, siendo las variables aquellas de las que se obtienen las primeras, esto es:

$$NMIN = N-NH_4^+ + N-NO_2^- + N-NO_3^- .$$

$$NORG = NK - N-NH_4^+ . \quad (NK = N-Kjeldahl).$$

$$NTOTAL = NMIN + NORG = N-NO_3^- + NK.$$

El estudio descrito se llevó a cabo mediante

el programa 4V del paquete estadístico BMDP (cuyos programas de control figuran en los apéndices I, II, III y IV), mientras que las gráficas que lo ilustran se construyeron con ayuda del programa STATGRAPHICS. En este último caso, la potencia del ordenador en que se encontraba instalado el programa, hizo que el análisis de los 77 grupos obtenidos con los factores fertilizante y toma fuera excesivo, por lo que solamente se pudo trabajar con las ocho primeras tomas, que son las únicas que figuran en la gráfica correspondiente.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION.

IV.1. FERTILIZANTES.

IV.1.1. ANALISIS E.U.F.

Se sometieron a extracción E.U.F. sendas muestras de los siete fertilizantes empleados:

- * Nitrofoska Permanent (NP),
- * Nitrofoska (N),
- * Nitrofoska recubierto con ácidos húmicos (NAH),
- * Nitrofoska recubierto con ácido algínico (NAA),
- * Urea (U),
- * Urea recubierta con ácidos húmicos (UAH) y
- * Urea recubierta con ácido algínico (UAA).

Una vez recolectadas las fracciones, uniendo la catiónica y aniónica correspondientes, y enrasadas a 100 ml., se procedió a analizar el contenido en $N-NO_3^-$, $N-NO_2^-$ y N-Kjeldahl, con el fin de poder conocer la cantidad total de nitrógeno, tanto mineral como orgánico, contenido en cada una de ellas; los resultados se exponen en los apéndices V y VI.

Representando gráficamente el % N recuperado en cada fracción frente al tiempo en minutos, se obtienen las figuras 12 y 13.

En ellas se puede observar que ninguno de los fertilizantes ensayados se comporta como recubierto, ya

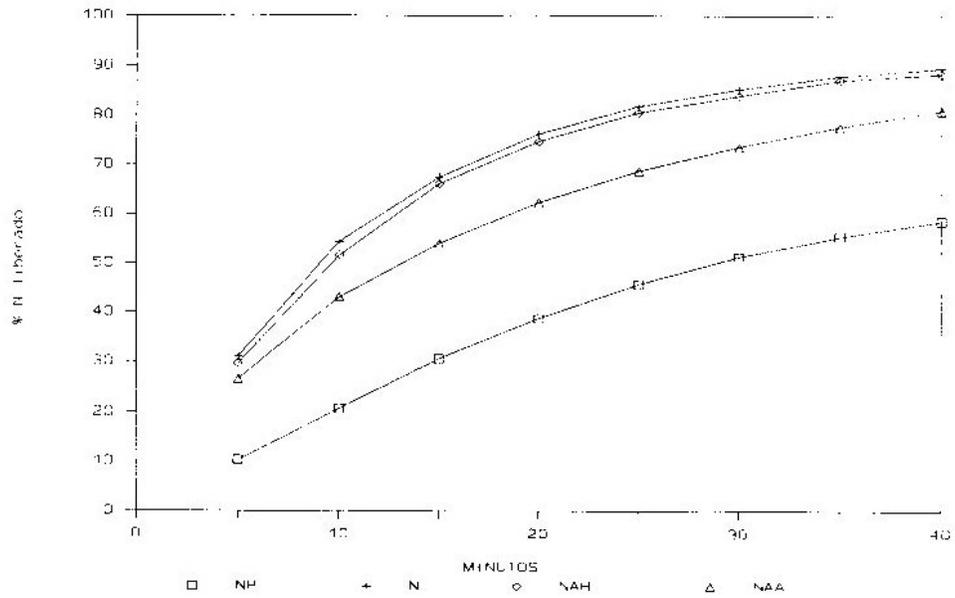


Figura 12: Evolución del nitrógeno liberado mediante E.U.F. a partir de N, NAH, NAA y NP.

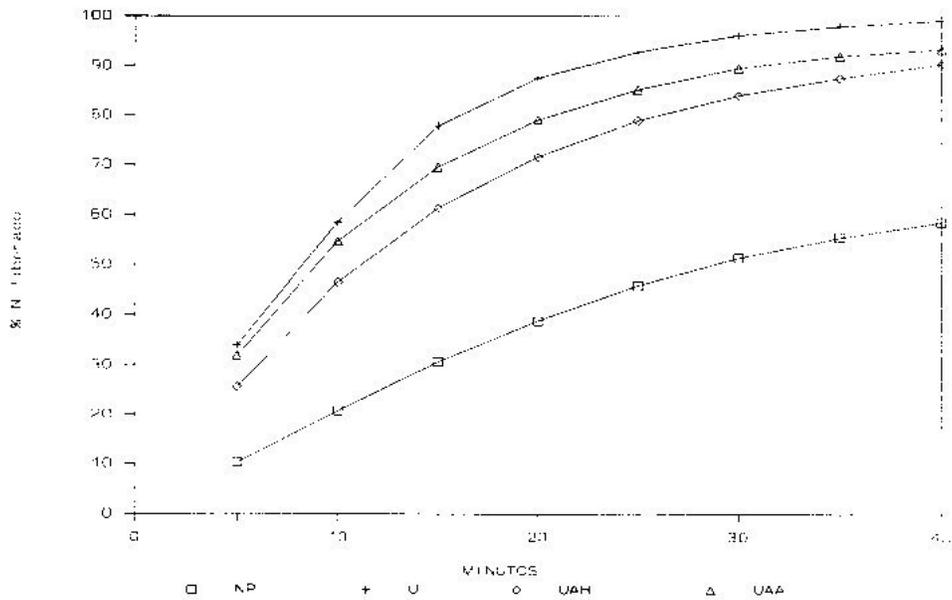


Figura 13: Evolución del nitrógeno liberado mediante E.U.P. a partir de U, UAH, UAA y NP.

que las gráficas son claramente convexas respecto a las abscisas, y no se aprecia diferencia entre las etapas I (seis primeras extracciones, a 20°C) y II (dos últimas extracciones, a 80°C) (Díez et al., 1991.).

No obstante, sí se puede constatar que el hecho de adicionar ácidos húmicos y ácido algínico a los fertilizantes urea y Nitrofoska, produce diferencias apreciables en relación a la liberación E.U.F. de nitrógeno, dando como consecuencia cierto retardo en la disolución de los fertilizantes recubiertos respecto al no recubierto. En el caso del Nitrofoska es el ácido algínico el que más incidencia presenta, observando un efecto mucho menor de los ácidos húmicos, mientras que en la urea se produce el resultado inverso.

Con el fin de cuantificar, en la medida de lo posible, las diferencias observadas, se procedió a ajustar los datos a un modelo matemático que los describa.

IV.1.2. MODELO CINETICO.

Los datos correspondientes a la etapa I de la extracción E.U.F. se ajustaron a una cinética de primer orden, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\frac{d (d)}{dt} = K (D - d);$$

En la que:

D: Cantidad inicial de nitrógeno en la cámara central (mg. N.),

d: Cantidad acumulada de las especies reaccionantes, que son transferidas en un tiempo t de la cámara central al ánodo y al cátodo (mg. N.),

K: Constante de velocidad, relacionada con la velocidad de reacción (min^{-1}),

t: tiempo (min.),

$\frac{d(d)}{dt}$: Velocidad de liberación del nitrógeno desde la cámara central E.U.F., al ánodo y cátodo (mg. N./min.), y

(D-d): Cantidad de nitrógeno que queda en la cámara central E.U.F. después de un tiempo t de extracción (mg. N.).

Agrupando términos: $\frac{d(d)}{(D-d)} = K dt$;

Integrando: $\int_0^d \frac{d(d)}{(D-d)} = \int_0^t K dt$;

$$-\ln(D-d) \Big|_0^d = K t \Big|_0^t ;$$

$$-\ln(D-d) + \ln D = K t;$$

Operando: $\ln \left| 1 - \frac{d}{D} \right| = -K t$;

Donde $\frac{d}{D}$ es el tanto por uno del nitrógeno

transferido al ánodo y cátodo, respecto del que inicialmente se parte.

$$\text{Quitando logaritmos: } 1 - \frac{d}{D} = e^{-Kt};$$

$$\frac{D-d}{D} = e^{-Kt};$$

$$d = D [1 - e^{-Kt}];$$

Ecuación que coincide con la propuesta por Stanford y Smith (1972) para explicar el proceso de mineralización del nitrógeno en el suelo.

Representando $\ln \left| 1 - \frac{d}{D} \right|$ frente al tiempo, se obtiene una línea recta en el caso de

que los datos se ajusten a una cinética de primer orden; la pendiente de dicha recta coincide con el valor del parámetro K, cambiado de signo, y la ordenada en el origen se hace coincidir con el origen de coordenadas. Las gráficas correspondientes a nuestros resultados se expresan en las figuras 14 y 15.

Los datos correspondientes al coeficiente de correlación (r^2), K y $\tau_{1/2}$ (tiempo necesario para liberar el 50% del nitrógeno contenido en el fertilizante), de las representaciones gráficas anteriores, se presentan en la tabla V.

Se comprueba que el ajuste es muy bueno en todos los casos, y que tanto los valores de K como los de

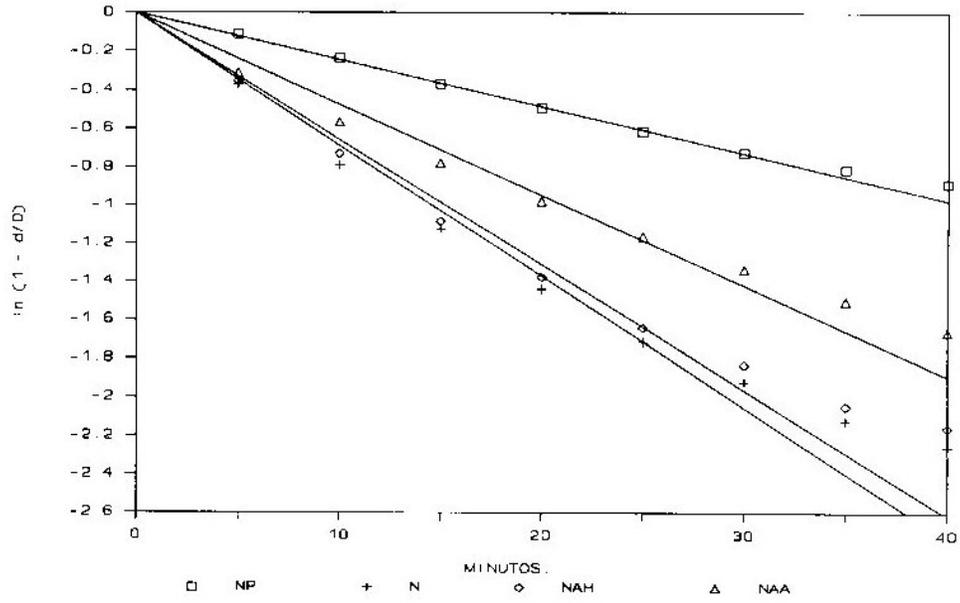


Figura 14: Rectas correspondientes a NP, N, NAH y NAA, al representar $\ln(1 - d/D)$ frente al tiempo.

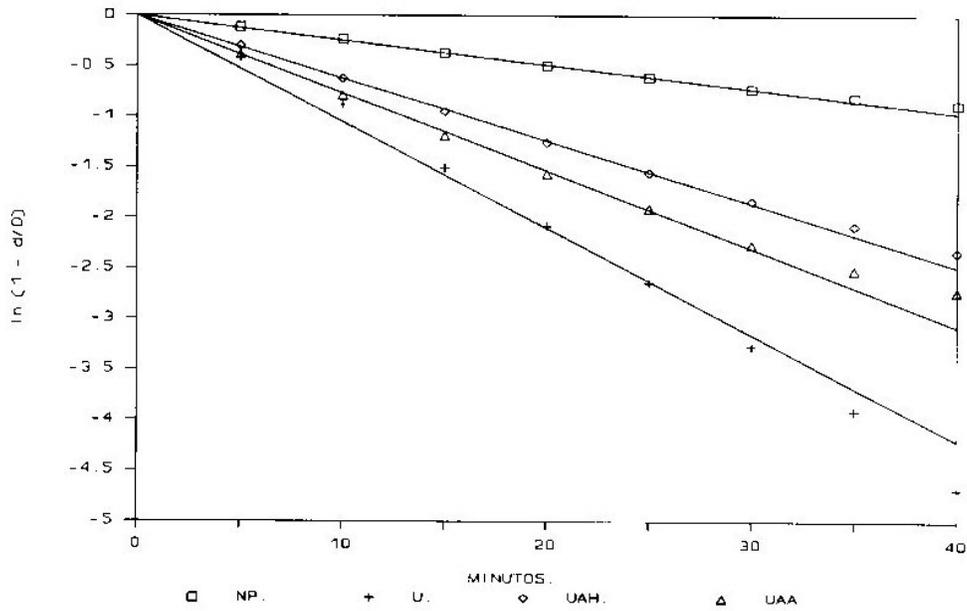


Figura 15: Rectas correspondientes a NP, U, UAH y UAA, al representar $\ln(1 - d/D)$ frente al tiempo.

$\tau_{1/2}$ sugieren comportamientos distintos entre los fertilizantes ensayados. En el caso del Nitrofoska la adición de ácidos húmicos no acarrea diferencias en su comportamiento, mientras que el ácido algínico produce una cierta modificación. Respecto a la urea se observa variación en los dos casos, siendo ésta más acusada con ácidos húmicos que con ácido algínico. El Nitrofoska Permanent presenta unos datos cinéticos que lo revelan como el de comportamiento más lento, resultado que cabía esperar por las características químicas de sus constituyentes.

Tabla V: Parámetros correspondientes al ajuste de los datos E.U.F. de los fertilizantes a una cinética de primer orden.

	r^2	K (min^{-1})	$\tau_{1/2}$ (min.)
NP	0.9988	0.02426	28.5716
N	0.9739	0.06849	10.1204
NAH	0.9759	0.06543	10.5937
NAA	0.9628	0.04731	14.6512
U	0.9898	0.10519	6.5895
UAH	0.9989	0.06201	11.1780
UAA	0.9982	0.07682	9.0230

IV.2. CONDUCTIVIDAD.

Con el fin de estudiar la variación en conductividad de los suelos a lo largo de la experiencia, se determinó ésta en las tomas I, III, V, VII, IX y XI, obteniendo los resultados expuestos en el apéndice VII.

Se puede observar que como consecuencia de que en el testigo no hay fertilizantes que aporten especies químicas al medio, la conductividad de éste se encuentra por debajo de la de cualquier otro; además, los valores correspondientes a Nitrofoska (N) y sus modificaciones, suelen ser ligeramente superiores al resto debido a su mayor solubilidad.

La figura 16 muestra las evoluciones de T, NP, N y U para todos los riegos, se observa que en las primeras diez semanas la diferencia entre riegos es menor, y que a partir de ésta ya se perfilan tendencias propias. En el caso del riego con agua destilada los valores permanecen apreciablemente estables y por debajo de los demás tratamientos, mientras que con 2500, 3500 y 4500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ se experimenta un aumento inicial que da paso a cierta estabilidad en las últimas tomas. Por su parte, el riego de 7500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ conduce a valores mayores que el resto y a un aumento continuado de la conductividad durante la experiencia, por lo que a partir de la toma VII (16^a semana) las diferencias son ya bastante grandes. Este comportamiento es consecuencia de la capacidad tampón del

suelo que logra amortiguar el efecto de los riegos de 2500, 3500 y 4500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a partir de las diez semanas, pero no es capaz de hacerlo con el más salino.

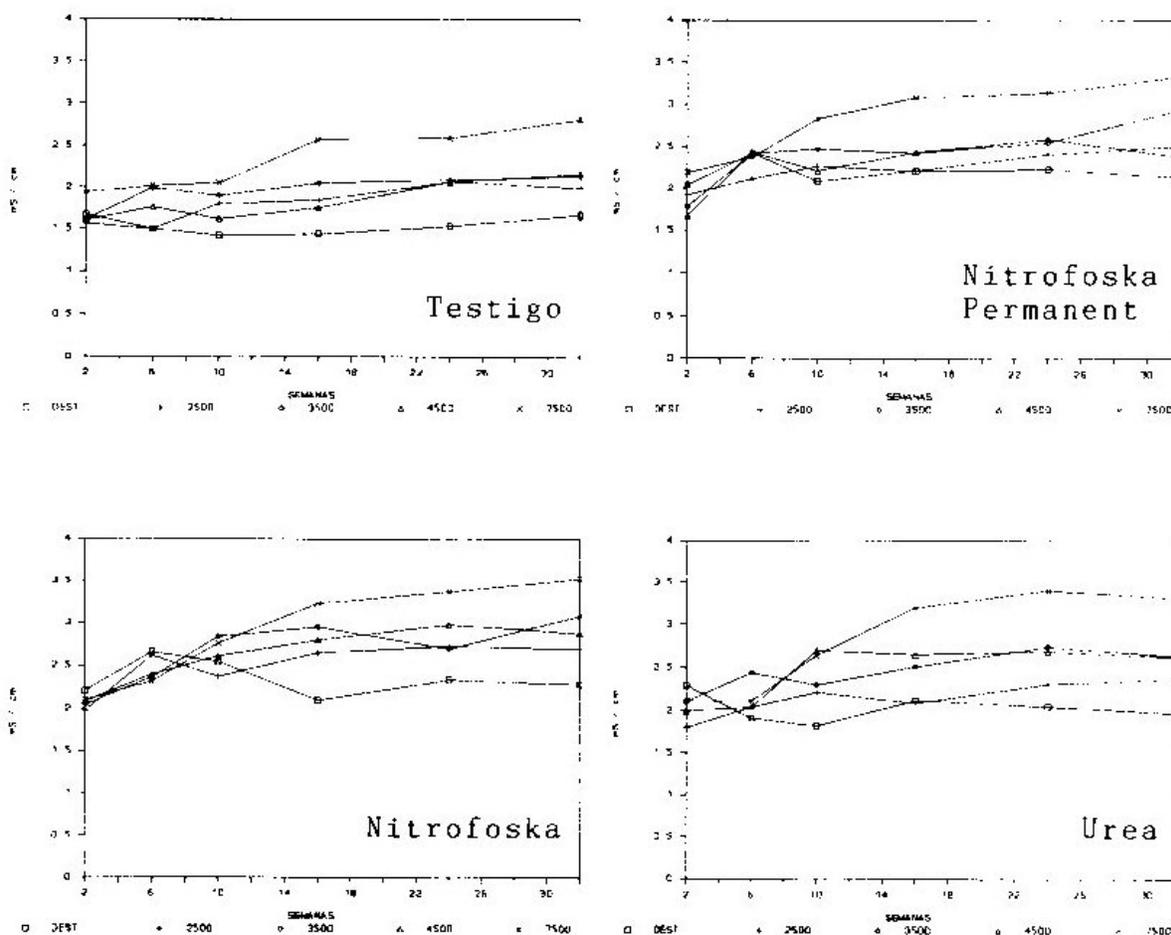


Figura 16: Conductividad del suelo en cada toma, con los fertilizantes T, NP, N y U.

Consecuentemente, y debido a que la salinidad de los riegos se obtiene por disolución de NaCl , la estructura del suelo sufre un debilitamiento que es más importante conforme aumenta la conductividad del riego (Bolt, 1978.). En la fotografía 4 se muestra el estado del suelo al final de la experiencia, y permite comprobar que a partir de 4500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de salinidad en el agua de riego el

deterioro que se produce es muy importante.



Fotografía 4: Estado que presentan los suelos tratados al final de la experiencia, una vez eliminado el riego.

Como no se observan grandes variaciones entre los fertilizantes, y sí una dependencia de la conductividad con el tiempo y la salinidad del riego, se plantea el estudio estadístico de los datos agrupados por

los factores riego y toma, que arroja los resultados contenidos en el apéndice XXI y en la figura 17. Se puede apreciar que el valor de la conductividad que corresponde a agua destilada es similar en todas las tomas, mientras que con los riegos salinos se experimenta un apreciable incremento con el tiempo; éste es relativamente pequeño con 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, algo más pronunciado con 3500 y 4500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y muy acusado el correspondiente a 7500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

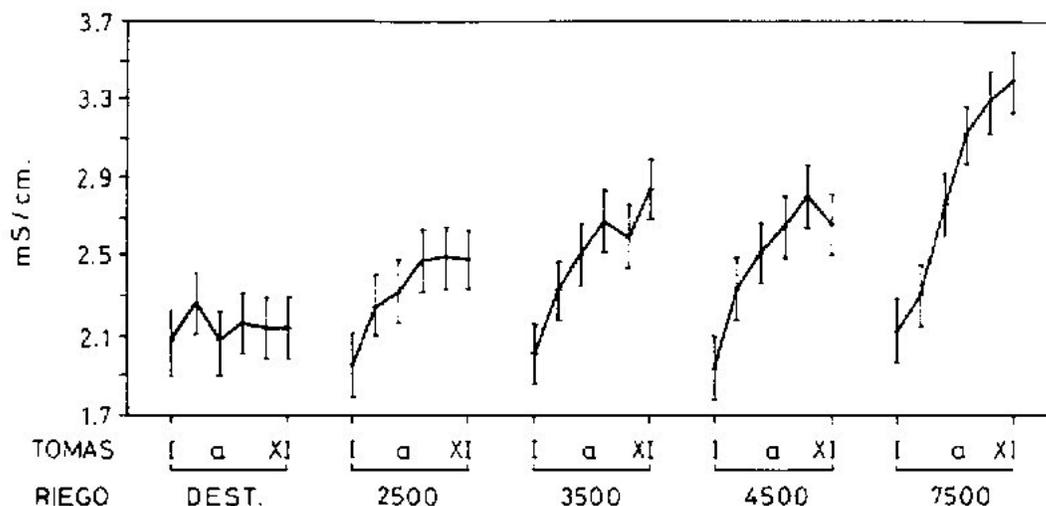


Figura 17: Valores medios e intervalos de confianza (con 95% de significación) al agrupar por riego y toma.

En definitiva, basándonos en las evoluciones de la figura 17, las salinidades de los riegos se pueden clasificar en los grupos: agua destilada, baja salinidad: 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, salinidad moderada: 3500 y 4500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y alta salinidad: 7500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

No obstante, los resultados que se muestran en la fotografía 4 indican que aunque los riegos de 3500 y

4500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ generen conductividades en el suelo que son siempre estadísticamente comparables, el riego de 4500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ tiene un efecto sobre la estructura del suelo superior al de 3500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Por esta razón, en virtud de sus efectos, las salinidades empleadas en los riegos se podrían dividir en dos únicos grupos: el primero compuesto por agua destilada, 2500 y 3500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y el segundo constituido por 4500 y 7500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

IV.3. CLORURO.

Se ha evaluado el cloruro presente en cada tratamiento salino mediante el valor medio obtenido por análisis de algunas muestras de cada toma. Los resultados se expresan en el apéndice VIII.

La figura 18 muestra la evolución con el tiempo de estos valores. La cantidad de Cl^- acumulada es mayor conforme aumenta la salinidad del riego y el tiempo de experiencia, especialmente con el riego de 7500 uS/cm, a excepción del agua destilada que presenta una tendencia ligeramente descendente.

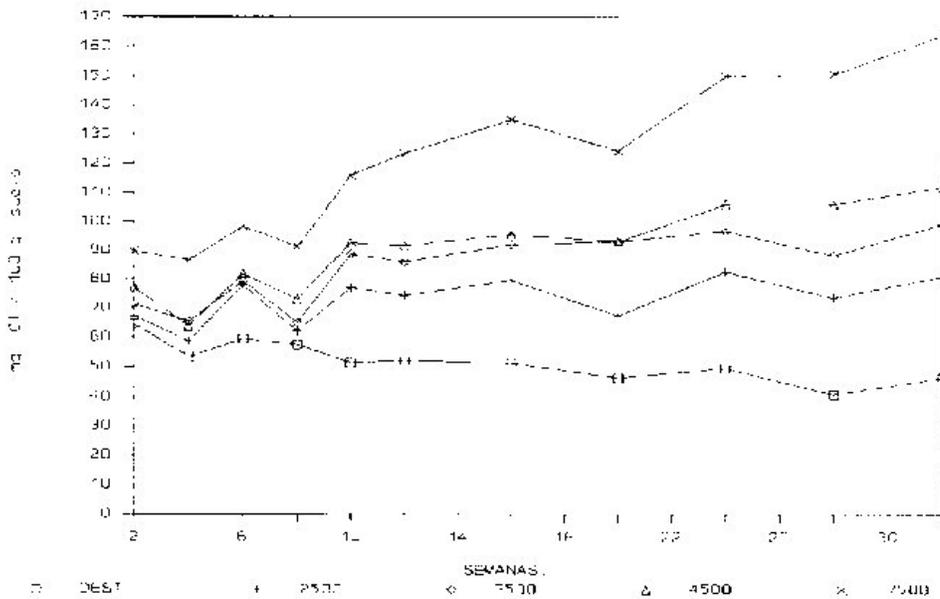


Figura 18: Cloruro correspondiente a cada toma, según el riego utilizado.

A partir de la 10ª semana (toma V) se

establece una diferencia clara entre las distintas salinidades, exceptuando los riegos de 3500 y 4500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ que discurren muy próximos entre sí durante más tiempo. Consecuentemente se pueden clasificar los riegos, atendiendo al contenido en cloruro que generan, en los grupos: agua destilada, baja salinidad: 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, salinidad moderada: 3500 y 4500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y alta salinidad: 7500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

IV.4. N-AMONIO.

Los resultados de los análisis efectuados a los extractos E.U.F. correspondientes a las muestras de suelo, se expresan en los apéndices IX, X y XI.

Se observa que los valores obtenidos en la toma I son mayores que el resto, especialmente cuando se trata de fertilización a base de urea, mientras que en las demás tomas el valor es muy bajo, independientemente del fertilizante empleado.

La figura 19 muestra la evolución del N-NH_4^+ con el tiempo y el riego para los tratamientos: testigo (T), Nitrofoska Permanent (NP), Nitrofoska (N) y urea (U). Es en la primera toma donde se obtienen cantidades que pueden ser diferenciadoras y, en particular, en el estudio correspondiente a urea. Los distintos riegos no parecen afectar de una manera determinada sobre los fertilizantes, a excepción de que es con agua destilada cuando, en todos los casos, se aprecia mayor cantidad de NH_4^+ en la toma inicial.

Las figuras 20 y 21 comparan el Nitrofoska (N) y urea (U), respectivamente, con sus modificaciones. No se observan diferencias entre ellos, lo que indica que el recubrimiento adicional no ejerce una influencia apreciable sobre la liberación de NH_4^+ .

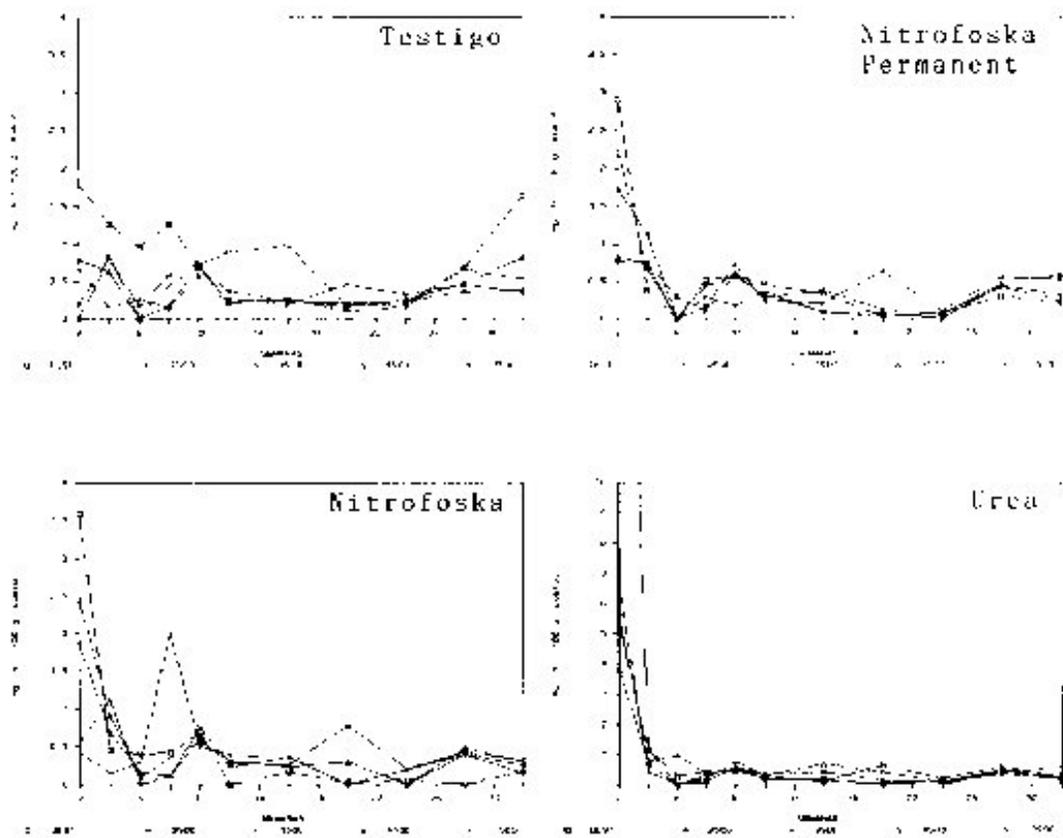


Figura 19: Amonio correspondiente a T, NP, N y U en cada toma y riego.

El análisis estadístico se lleva a cabo mediante un MANOVA de Factores Simples, y se aplica a los grupos de datos formados por las parejas de factores fertilizante-toma y riego-toma, ya que interesa conocer si la diferencia apreciada entre tomas es o no significativa, y si depende ello de los distintos tratamientos con que se ha experimentado, tanto respecto a fertilizantes como a riegos. Los resultados, recogidos en el apéndice XXI, indican que tanto los distintos riegos como los diversos fertilizantes, presentan diferencias entre sí exclusivamente en

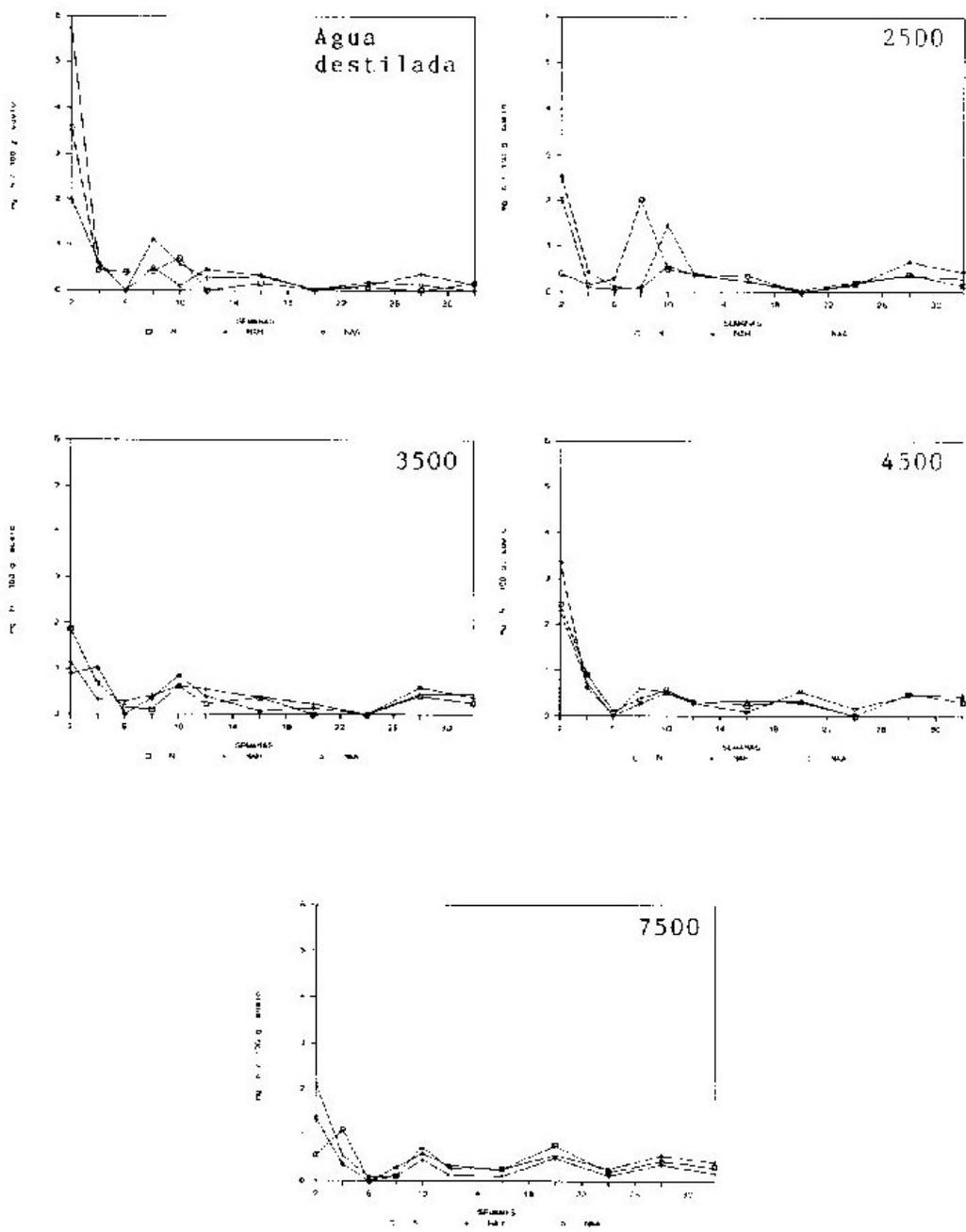


Figura 20: Amonio correspondiente a N, NAH y NAA en cada toma y riego.

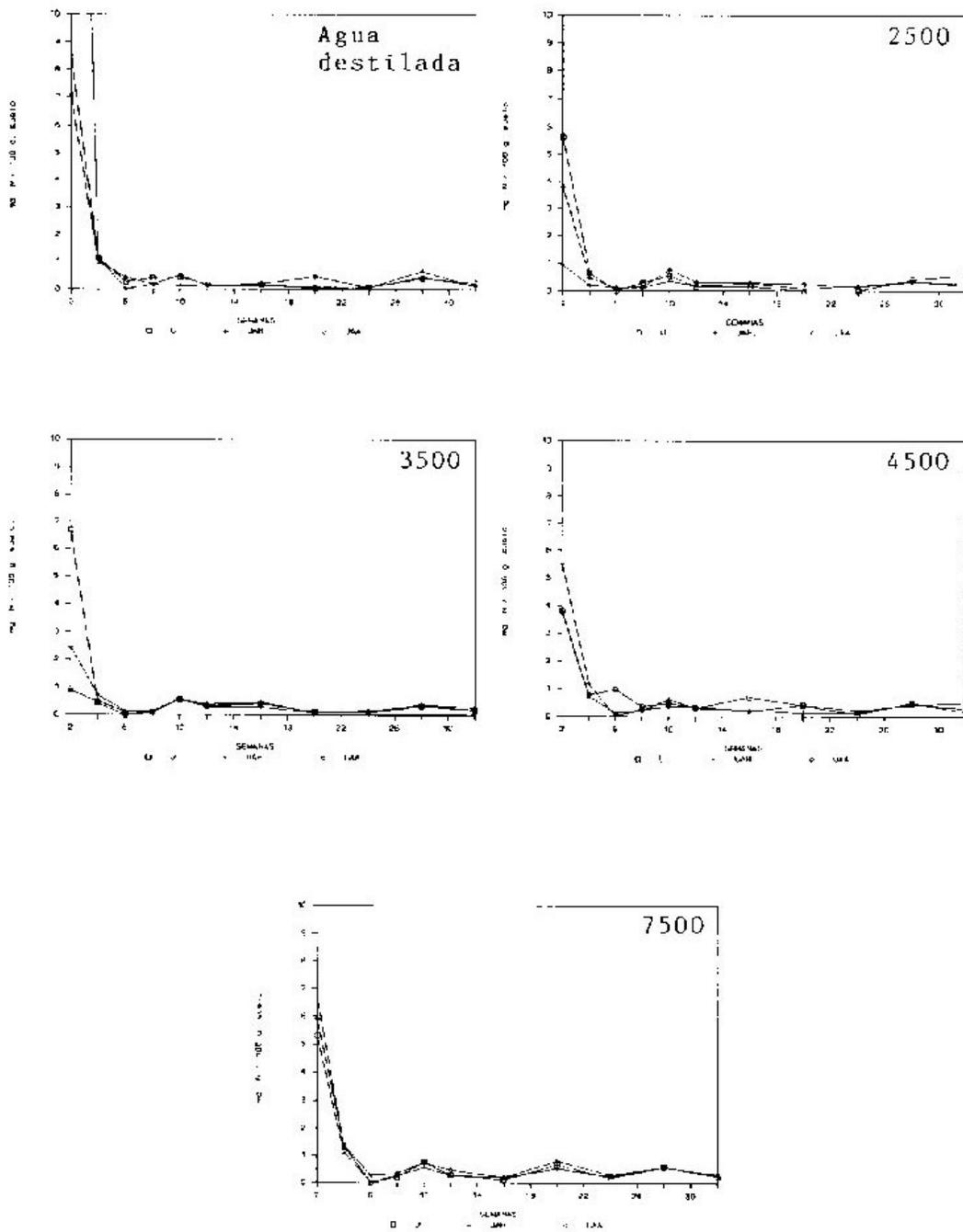


Figura 21: Amonio correspondiente a U, UAH y UAA en cada toma y riego.

la toma I. Por otro lado, solamente se aprecia diferencias entre tomas cuando se trata de los fertilizantes a base de urea, y con los riegos de agua destilada y 7500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La figura 22 permite comprobar que es la urea y sus modificaciones quienes presentan una cantidad de N-NH_4^+ en la toma I estadísticamente diferente al resto de tomas. Esta cantidad es superior a la análoga correspondiente al resto de fertilizantes, y es la urea (U) quien presenta el valor más elevado; urea con ácidos húmicos (UAH) y urea con ácido algínico (UAA) dan lugar a niveles de NH_4^+ en la primera toma que, aunque no siempre son estadísticamente distintos, son superiores a los demás; este hecho, es consecuencia lógica de la distinta naturaleza de los fertilizantes, ya que los basados en Nitrofoska aportan únicamente el amonio soluble presente, el Nitrofoska Permanent lo libera poco a poco como fertilizante lento

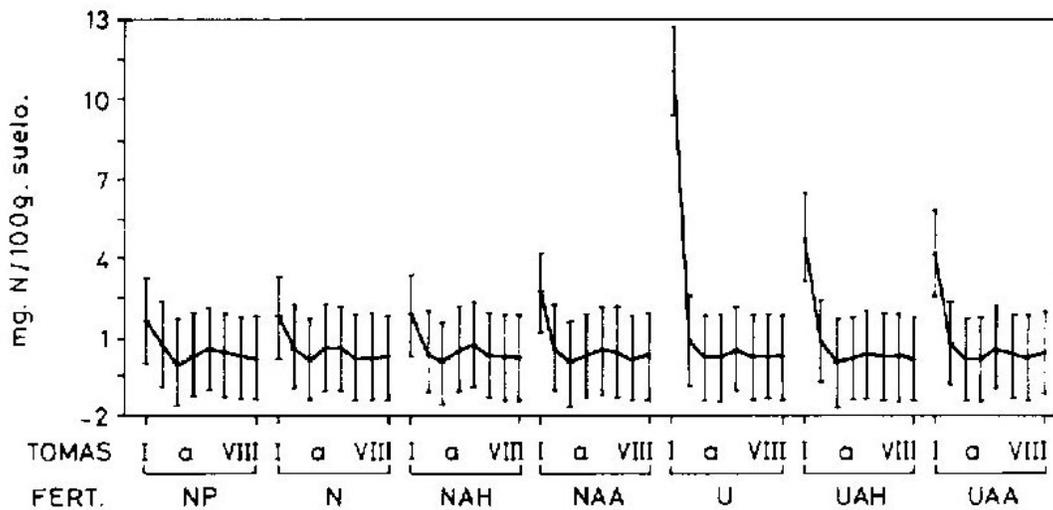


Figura 22: Valores medios e intervalos de confianza (con 95% de significación) al agrupar por fertilizante y toma.

que es, y los basados en urea han de experimentar una hidrólisis inicial, cuyo producto final es precisamente amonio.

Obtener cantidades apreciables únicamente en la primera toma está de acuerdo con diversos autores que establecen en seis días, o menos, la etapa de hidrólisis de la urea (Shimizu, 1986b; Kumar et al., 1988.), mientras que la diferencia entre urea y sus modificaciones puede inducir a pensar que los recubrimientos influyen sobre su hidrólisis en el suelo que, de hecho, se encuentra muy afectada por la presencia de materia orgánica (Singh y Bajwa, 1986), y ya han demostrado cierta influencia sobre el fertilizante en el ensayo E.U.F. a que han sido sometidos.

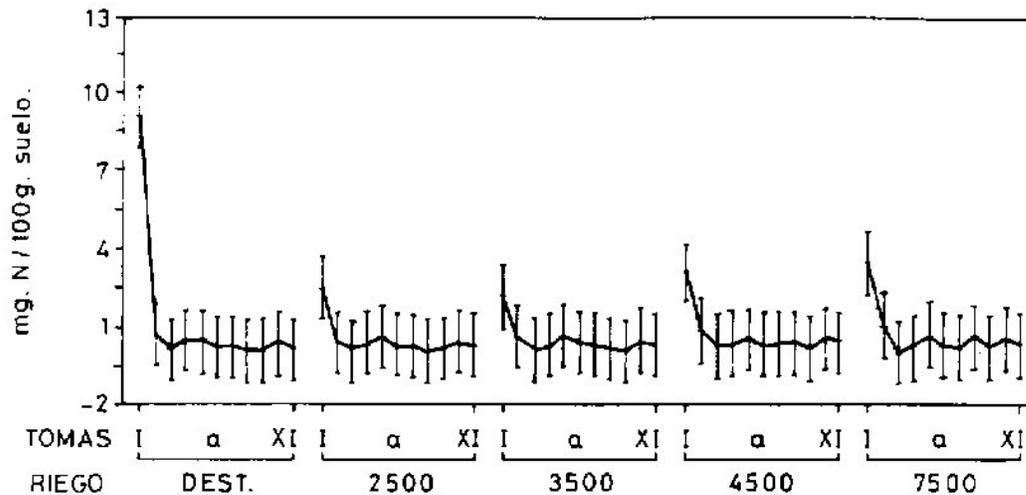


Figura 23: Valores medios e intervalos de confianza (con 95% de significación) al agrupar por riego y toma.

En la figura 23 se observa que el valor correspondiente a la toma I cuando el riego es con agua

destilada se encuentra muy por encima de los generados con el resto de riegos, indica que la presencia de salinidad en el riego, y por lo tanto en el medio, afecta a la liberación de amonio; este resultado no concuerda con la acumulación de NH_4^+ experimentada en ensayos de incubación por otros investigadores (Kumar y Wagenet, 1985.; Singh y Bajwa, 1986.; Kumar et al., 1988.).

IV.5. N-NITRITO.

La cantidad de N-NO_2^- presente durante la experiencia es bastante pequeña, a excepción de la primera toma en que se miden cantidades apreciables (Tabla VI y apéndices XII y XIII), destacando que con agua destilada el tratamiento fertilizante a base de urea presenta un nivel bastante superior al resto.

En este caso, al igual que ocurre con amonio, el estudio estadístico debe incluir el factor toma, ya que su importancia en la evolución de los resultados se muestra muy evidente.

El correspondiente MANOVA de Factores Simples arroja los resultados que se recogen en el apéndice XXI. Todos los niveles de salinidad del riego y todos los fertilizantes presentan diferencias entre las tomas, a excepción del riego más salino y de los fertilizantes Nitrofoska (N) y Nitrofoska con ácido algínico (NAA), mientras que solamente en la toma I es cuando existen diferencias significativas entre riegos y entre fertilizantes.

La figura 24 compara los grupos formados con los factores riego y toma, se aprecia que el valor correspondiente a la primera toma es mayor que el resto, y que al aumentar la salinidad del riego se experimenta un ostensible descenso, hasta el extremo de que con el riego de $7500 \mu/\text{cm}$ no hay diferencia significativa entre la

Tabla VI: Valores de nitrato obtenidos durante la experiencia (mg. N/100 g. de suelo).

		TOMAS	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
		SEMANAS	2	4	6	8	10	12	16	20	24	28	32
RIEGO	FERT.												
DEST.	T		0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,3
	NP		0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,3
	N		0,2	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4
	NAH		0,3	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,4
	NAA		0,7	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
	U		2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	UAH		2,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	UAA		1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2500	T		0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NP		0,8	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,2
	N		0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NAH		1,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
	NAA		0,4	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
	U		0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
	UAH		0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	UAA		1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3500	T		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NP		0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
	N		0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
	NAH		1,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NAA		0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	U		0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
	UAH		0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
	UAA		0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4500	T		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NP		0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
	N		0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
	NAH		0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NAA		0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	U		0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	UAH		0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
	UAA		0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7500	T		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0
	NP		0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	N		0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NAH		0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NAA		0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	U		0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	UAH		0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	UAA		0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

primera toma y las demás. Es importante, además, la diferencia observada entre los niveles obtenidos con agua destilada, 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 3500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que en los tres riegos más salinos sus valores son estadísticamente comparables, pudiéndose agrupar en dos categorías: agua destilada y 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ por una parte, y las salinidades de 3500, 4500 y 7500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ por otra.

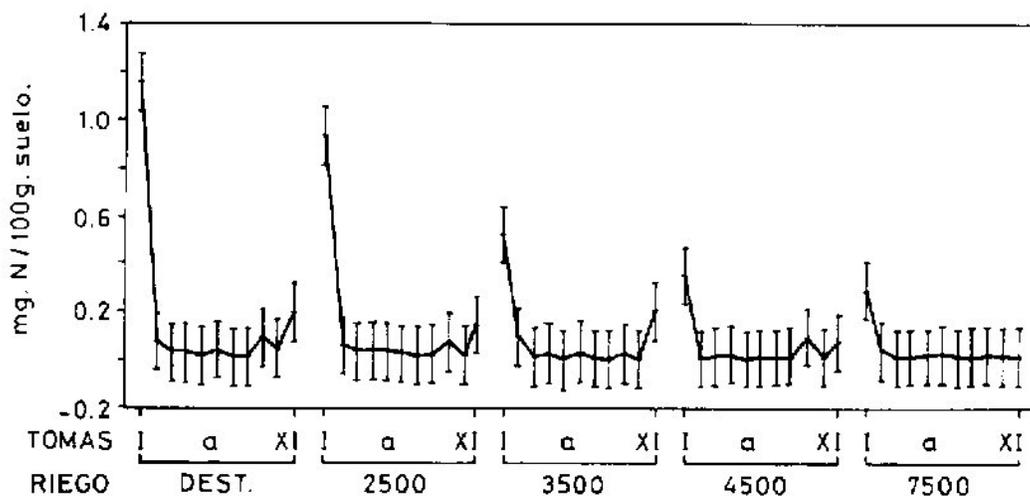


Figura 24: Valores medios e intervalos de confianza (con 95% de significación) al agrupar por riego y toma.

La figura 25 muestra el resultado del análisis estadístico basado en los factores fertilizante y toma, se observa que es en todas las fertilizaciones a base de urea donde se presenta mayor cantidad de N-NO_2^- , y no se aprecian diferencias entre la urea y la urea recubierta. El Nitrofoska con ácidos húmicos (NAH) da lugar a un valor superior a sus análogos aunque estadísticamente comparable a todos ellos.

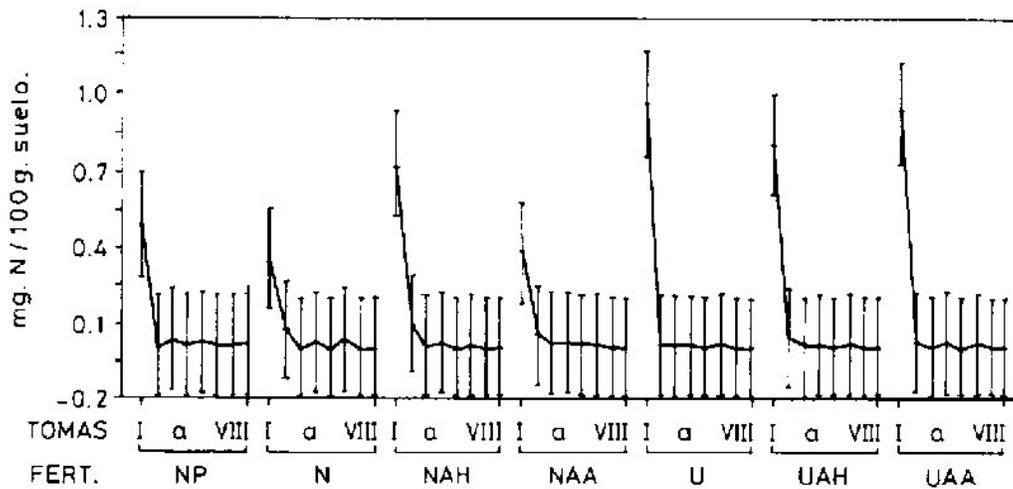


Figura 25: Valores medios e intervalos de confianza (con 95% de significación) al agrupar por fertilizante y toma.

Estos hechos tienen una relación obvia con el proceso de mineralización del nitrógeno. La salinidad puede afectar a la formación y la oxidación de NO_2^- , favorecer o perjudicar estos procesos implicaría acumulación o desaparición, respectivamente, de esta especie química. Mc Clung y Frankenberger (1985) y Kumar et al. (1988) observan, en estudios de incubación, que el aumento de la salinidad conduce a acumulación de NO_2^- , por afectar más a *Nitrobacter* (microorganismo responsable de la oxidación del NO_2^-) que a *Nitrosomonas* (microorganismo responsable de la oxidación del NH_4^+), mientras que en nuestro caso se observa lo contrario, esto es, el aumento de la salinidad conduce a un menor contenido de NO_2^- .

Con el aumento de la salinidad del riego también se experimenta una disminución en el contenido de

amonio que, unido a su íntima relación con el nitrito, induce a pensar en cuatro posibilidades que expliquen los hechos experimentados al aumentar la salinidad del riego:

- a) Mayor velocidad en el proceso global de formación de nitrato,
- b) Favorecer la pérdida de nitrógeno por desnitrificación,
- c) Favorecer la desaparición de amonio por volatilización de amoniaco, y
- d) Menor velocidad de disolución, y/o hidrólisis, del fertilizante ensayado.

IV.6. N-NITRATO.

Los apéndices XIV, XV y XVI contienen los valores correspondientes a esta especie química, y se representan gráficamente en las figuras 26, 27 y 28.

La figura 26 corresponde a las evoluciones de T, NP, N y U, con cada uno de los riegos empleados. Se aprecia una considerable dispersión de los datos en las primeras doce semanas, que se atenúa considerablemente en el resto. No se observa que el fertilizante, el riego o la toma afecten de alguna forma en el nivel de nitrato presente en cada tratamiento.

Las modificaciones de los fertilizantes basados en Nitrofoska (N) y urea (U) se comparan en las figuras 27 y 28, respectivamente. Tampoco se aprecia influencia del recubrimiento sobre el comportamiento del fertilizante, ya que las evoluciones y valores son muy similares durante toda la experiencia y con todos los riegos, incluso en las primeras semanas.

La ausencia de indicios a partir de las comparaciones anteriores conduce a que no exista preferencia respecto a los factores que deban emplearse en el análisis estadístico bifactorial. Con esta premisa se muestrean las diferencias entre los grupos de datos obtenidos atendiendo a dos de los factores involucrados en la experiencia, de manera que son tres los análisis que se

deben llevar a cabo (Apéndice XXI).

Cuando se agrupa atendiendo a riego y toma (Figura 29), únicamente es de destacar que con los riegos más salinos: 4500 y 7500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ la tendencia es creciente durante las primeras semanas, a diferencia de los otros tres, hecho que puede estar relacionado con un cierto efecto retardador de la salinidad del riego sobre la aparición de NO_3^- . Además se insinúa un menor contenido en NO_3^- cuando la salinidad del riego aumenta.

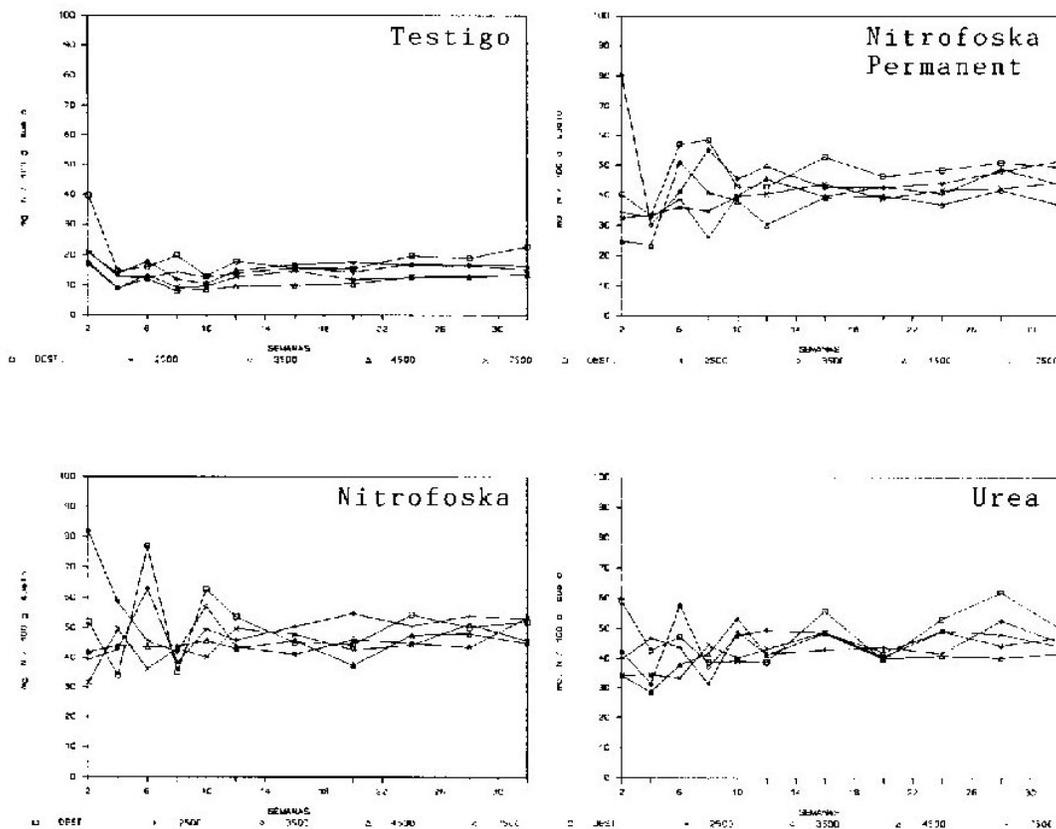


Figura 26: Nitrato correspondiente a T, NP, N y U en cada toma y riego.

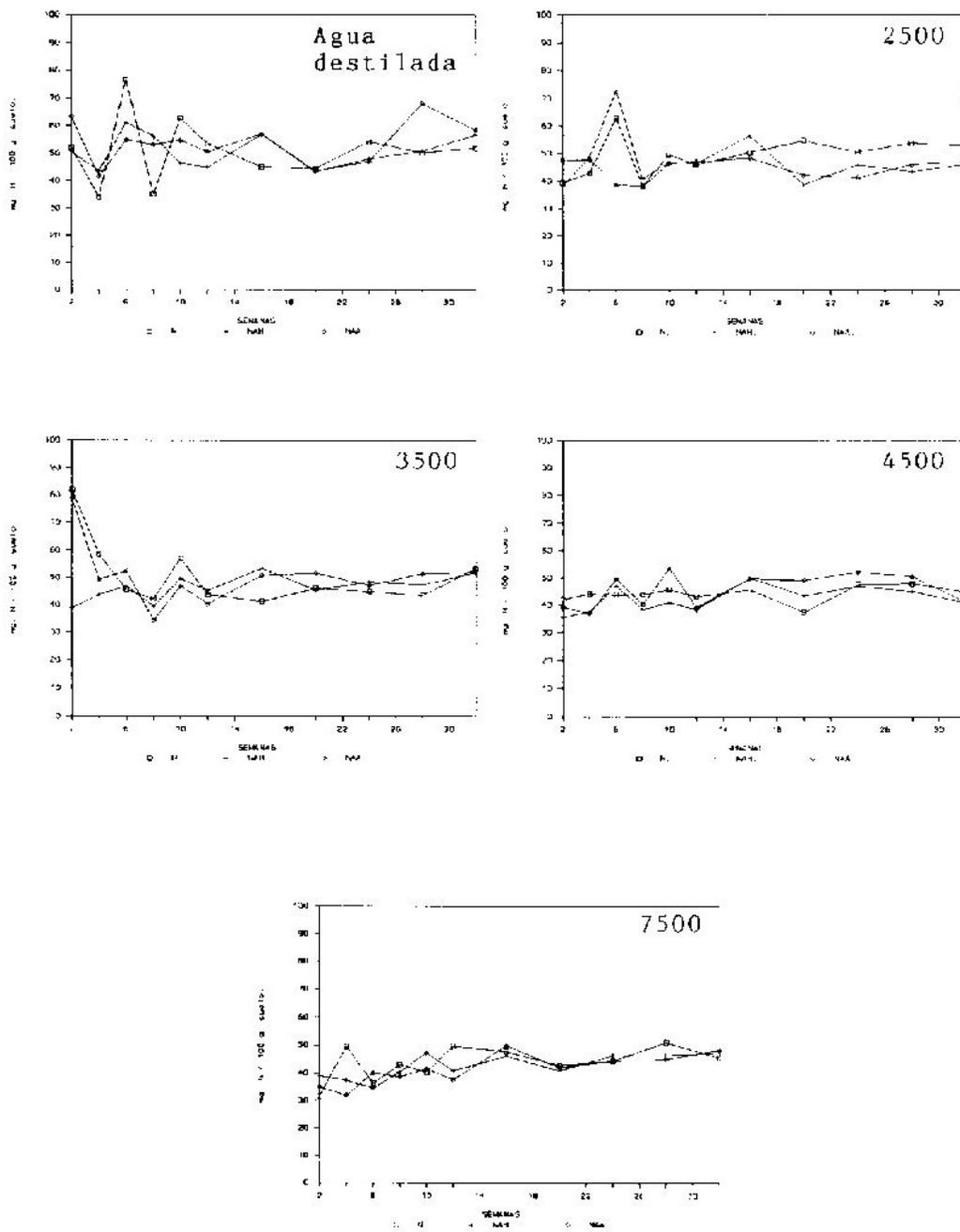


Figura 27: Nitrato correspondiente a N, NAH y NAA en cada toma y riego.

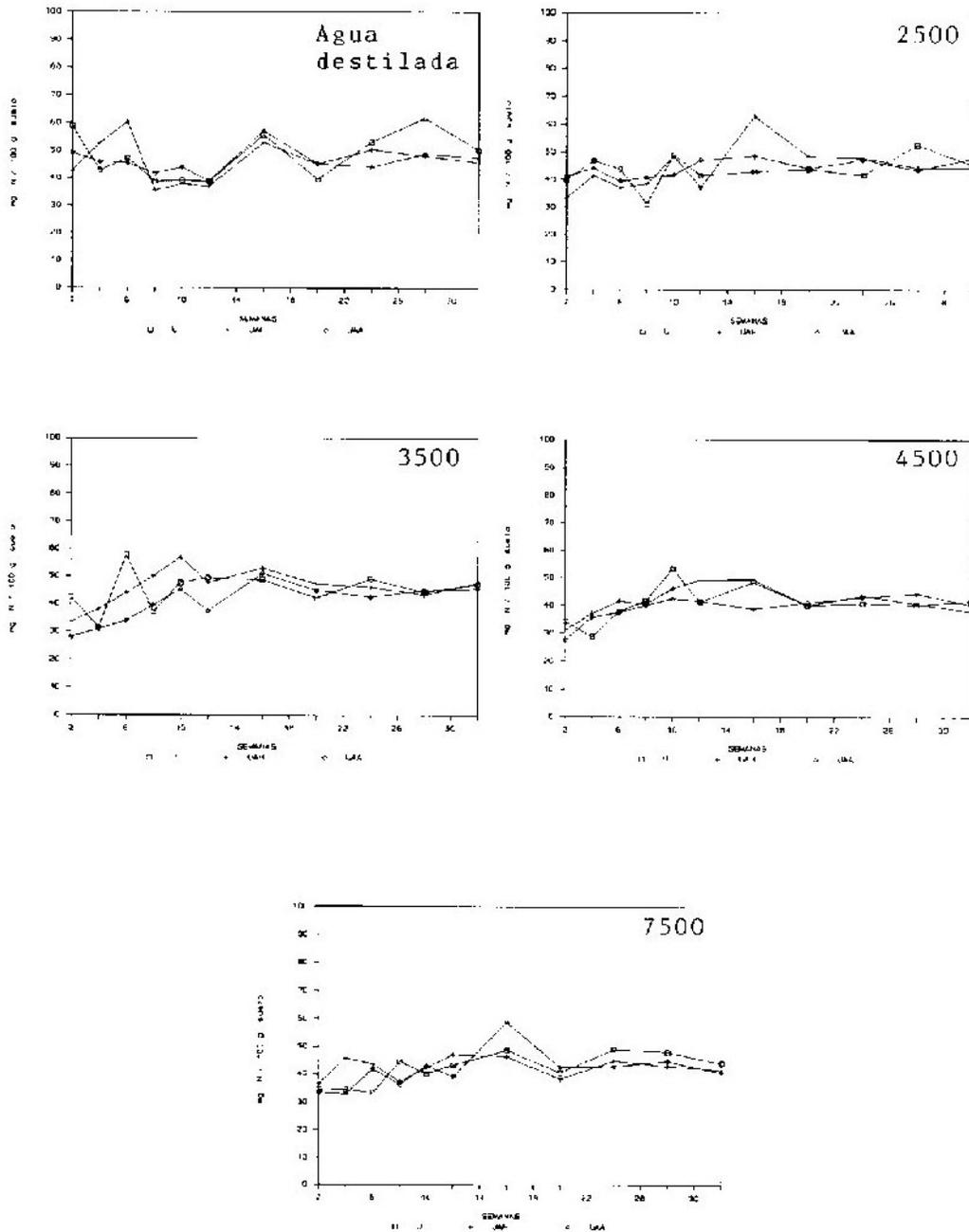


Figura 28: Nitrato correspondiente a U, UAH y UAA en cada toma y riego.

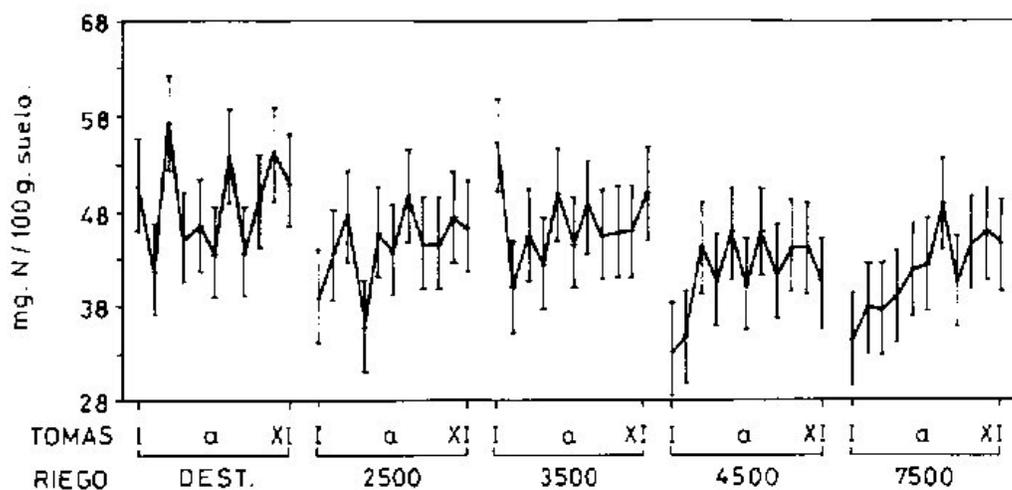


Figura 29: Valores medios e intervalos de confianza (al 95% de significación) al agrupar por riego y toma.

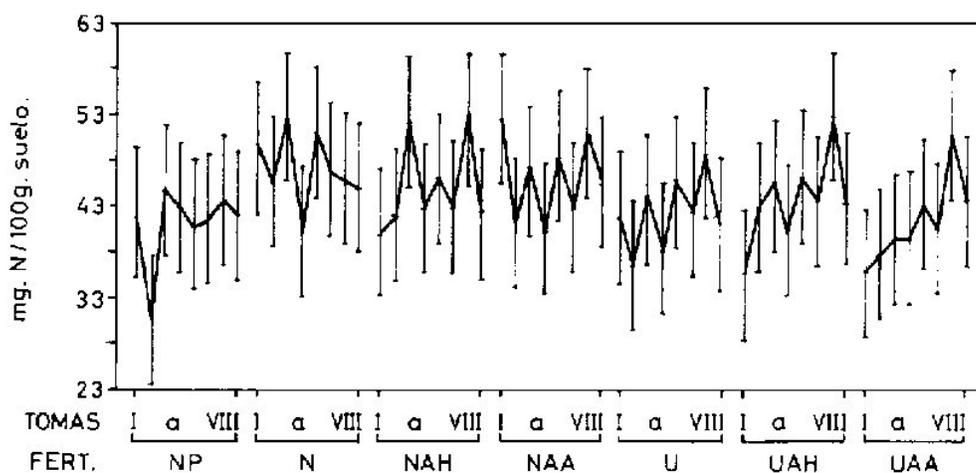


Figura 30: Valores medios e intervalos de confianza (al 95% de significación) al agrupar por fertilizante y toma.

Respecto a los factores fertilizante y toma (Figura 30), se observa que los fertilizantes urea (U), urea con ácidos húmicos (UAH) y urea con ácido algínico (UAA) presentan una evolución apreciablemente ascendente con el tiempo, debido probablemente a que sea de naturaleza

orgánica, extremo que no comparten el resto de fertilizantes.

Por último, los grupos constituidos al agrupar por riego y fertilizante (Figura 31) presentan diferencias significativas entre riegos cuando se trata de Nitrofoska Permanent (NP), Nitrofoska con ácidos húmicos (NAH) y Nitrofoska con ácido algínico (NAA), y entre fertilizantes cuando el riego es de 3500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En este caso se aprecia, con más claridad que en la figura 29, que el aumento de salinidad del riego conduce a un menor contenido de nitrato en el medio.

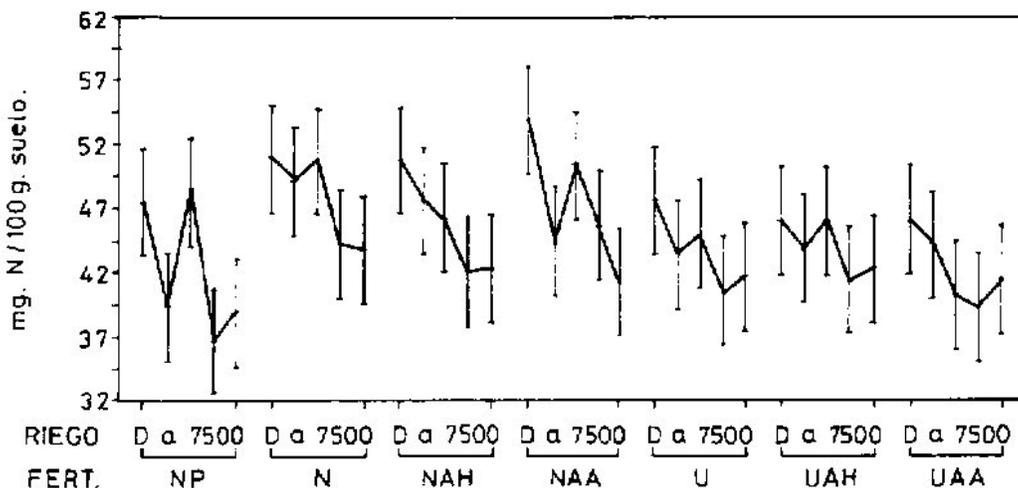


Figura 31: Valores medios e intervalos de confianza (al 95% de significación) al agrupar por riego y fertilizante.

Los resultados obtenidos indican la necesidad de estudiar las diferencias entre los grupos generados por un solo factor, de todos ellos se excluye el factor toma por ser el único cuya influencia no se destaca en las

comparaciones efectuadas. El análisis estadístico que se aplica en este caso es el que corresponde a un MANOVA Unifactorial.

En la figura 32 se plasman los resultados del análisis aplicado a los grupos formados por las siete categorías diferentes del factor fertilizante. Cada fertilizante y sus modificaciones presentan valores muy similares entre sí, por lo que se mantiene que los materiales agregados en superficie no presentan una influencia decisiva sobre la liberación del nitrógeno. Por su parte,

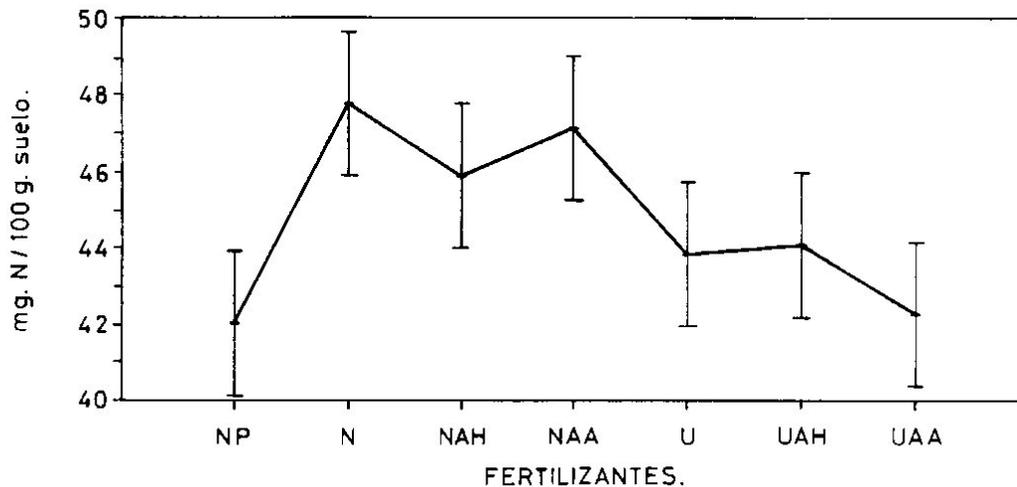


Figura 32: Valores medios e intervalos de confianza (al 95% de significación) al agrupar por fertilizante.

Nitrofoska (N) y sus modificaciones conducen a valores por encima de los demás fertilizantes, con diferencias significativas o casi significativas, que podría explicarse por el carácter lento del Nitrofoska Permanent (NP), y por una eventual pérdida de nitrógeno o formación de N-orgánico en

el caso de urea (U), urea con ácidos húmicos (UAH) y urea con ácido algínico (UAA).

La figura 33 corresponde a los grupos formados por las cinco categorías del factor riego. En ella se aprecia la indiscutible influencia de la salinidad sobre el nitrato presente en el medio, que conduce a un valor cada vez más pequeño a medida que aumenta el contenido en sales del tratamiento. La similitud que se observa entre algunos riegos los agrupa en las siguientes categorías: agua destilada, riegos de salinidad moderada (2500 y 3500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y riegos de salinidad alta (4500 y 7500 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

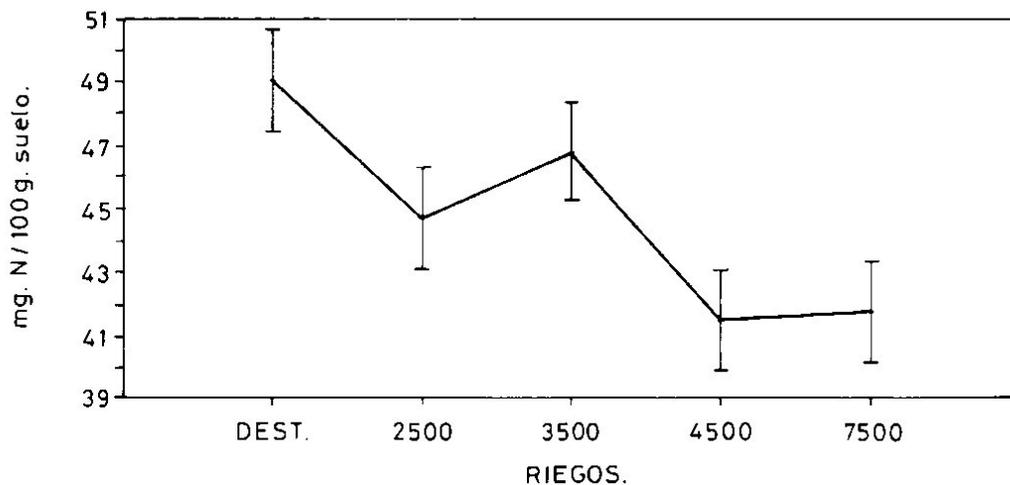


Figura 33: Valores medios e intervalos de confianza (al 95% de significación) al agrupar por riego.

Los últimos resultados depuran las hipótesis formuladas en el apartado anterior. Por un lado, no se aprecia evidencias de que la velocidad de formación del nitrato aumente con la salinidad del riego, pero en cambio

debe incluirse la posibilidad de que se haya producido la inmovilización en formas orgánicas de una parte del nitrógeno aportado.

IV.7. N-MINERAL.

El resultado de sumar el nitrógeno presente en forma de NH_4^+ , NO_2^- y NO_3^- constituye el contenido en nitrógeno mineral a lo largo de la experiencia (Apéndice XVII), es de esperar que su comportamiento sea análogo al del nitrato, ya que los valores de esta especie química son los que poseen mayor influencia en el nivel de aquélla.

Las representaciones gráficas de la figura 34 muestran que las evoluciones son muy similares en todos los riegos, y sin tendencias concretas con el tiempo.

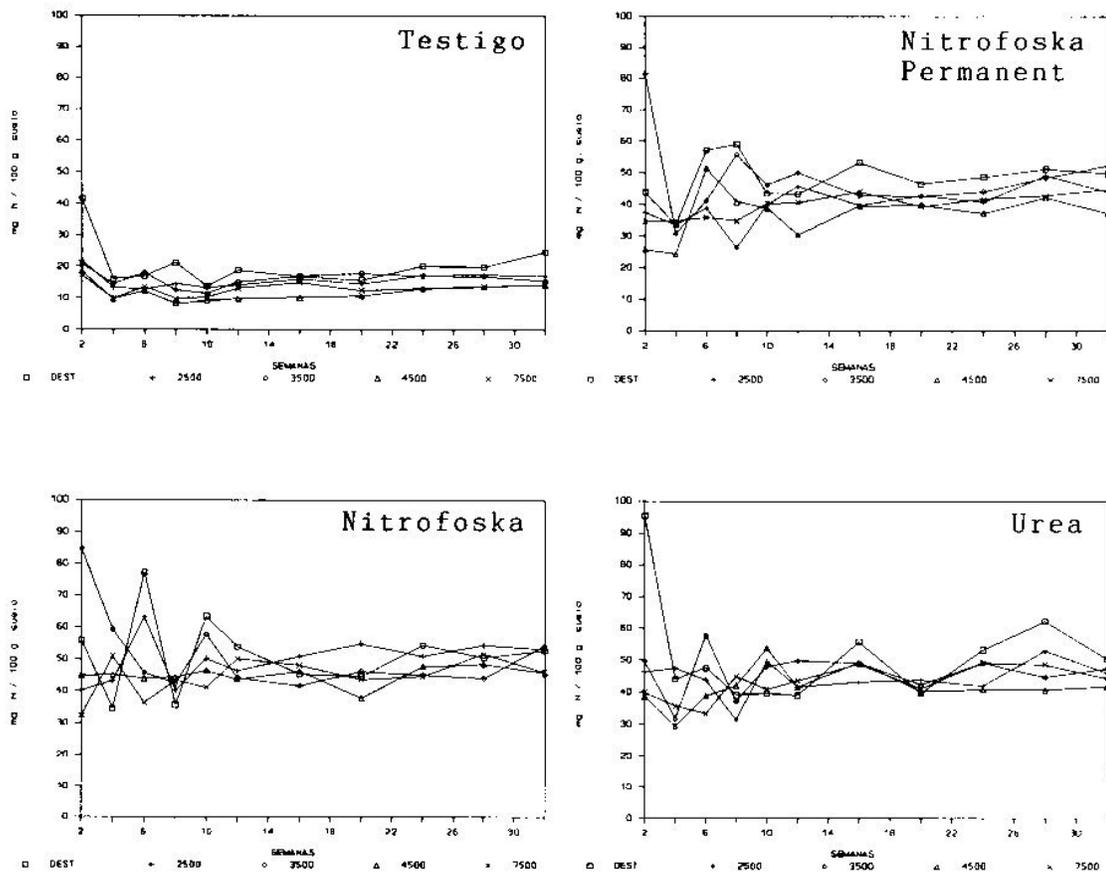


Figura 34: N-mineral correspondiente a T, NP, N y U en cada toma y riego.

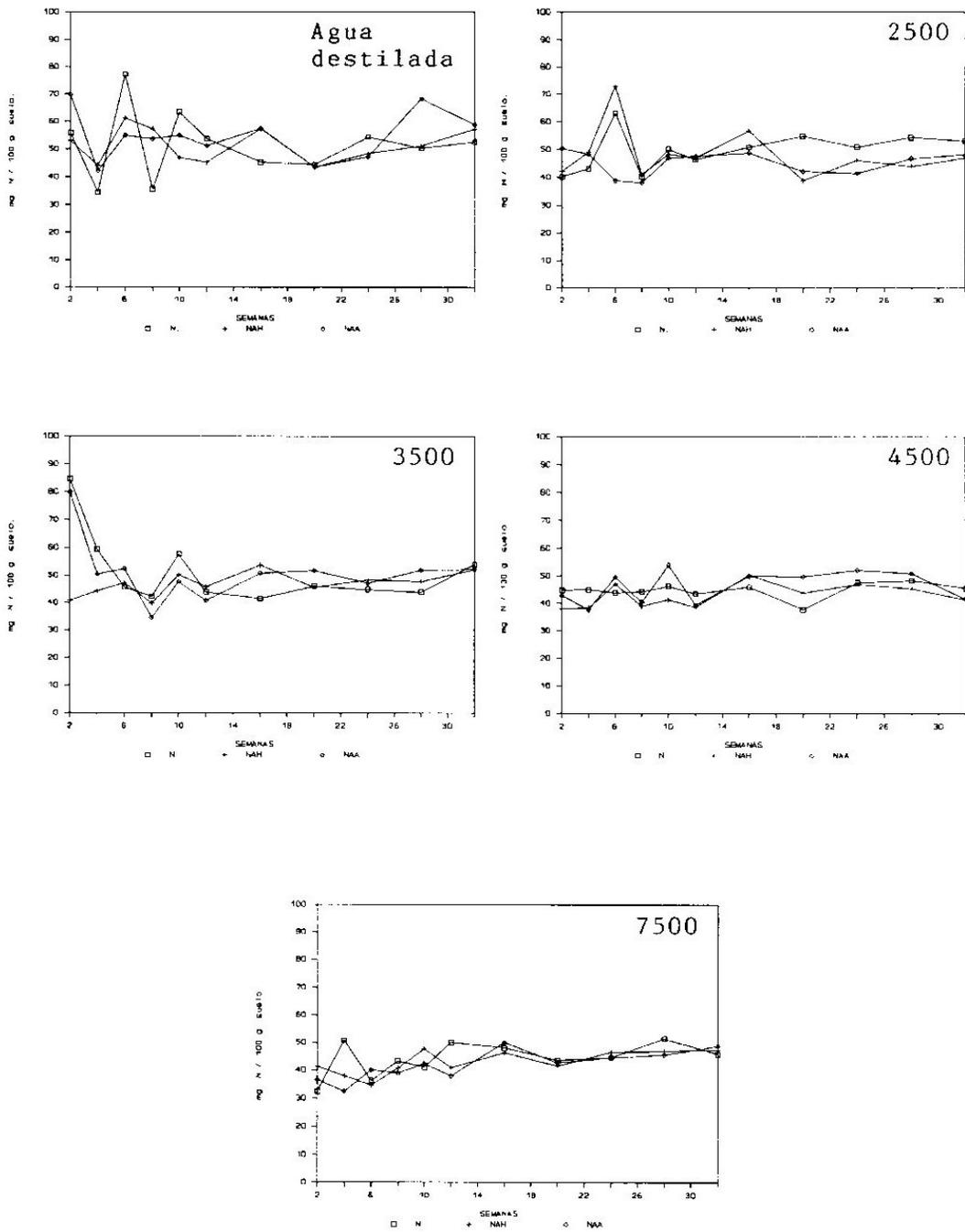


Figura 35: N-mineral correspondiente a N, NAH y NAA en cada toma y riego.

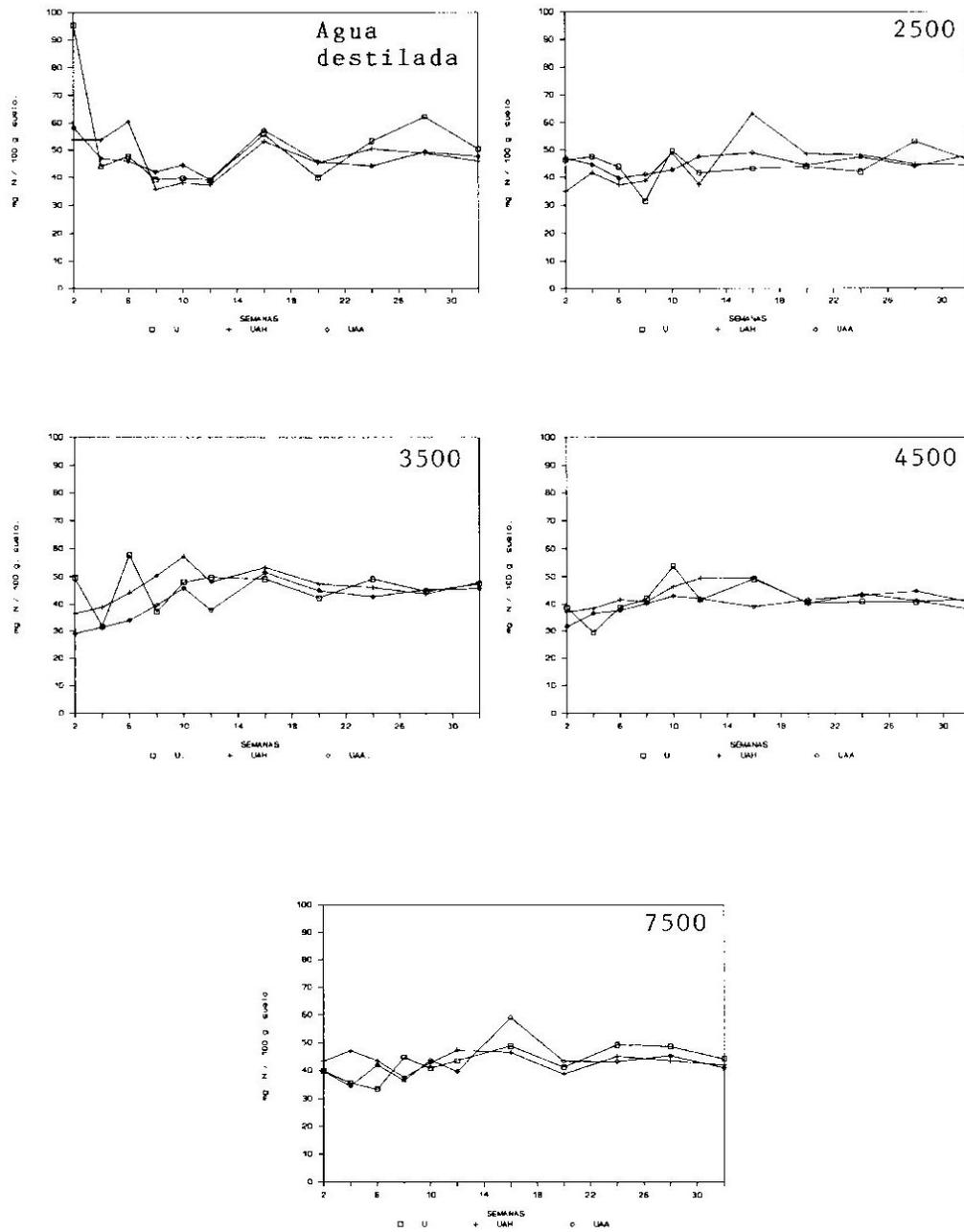


Figura 36: N-mineral correspondiente a U, UAH y UAA en cada toma y riego.

En las figuras 35 y 36 se comparan los fertilizantes Nitrofoska (N) y urea (U) con sus modificaciones. Las evoluciones son muy similares entre sí, lo que indica que el recubrimiento con ácidos húmicos (AH) y ácido algínico (AA) tampoco afecta a la evolución de este parámetro.

El análisis estadístico de los datos mediante el MANCOVA de Factores Simples arroja los resultados contenidos en el apéndice XXII. Como cabía esperar por su similitud con el nitrato, ninguno de los tres análisis presenta diferencias notables entre los grupos comparados.

Los resultados del MANCOVA Unifactorial aplicado a los datos agrupados por el factor riego se representan en la figura 37.

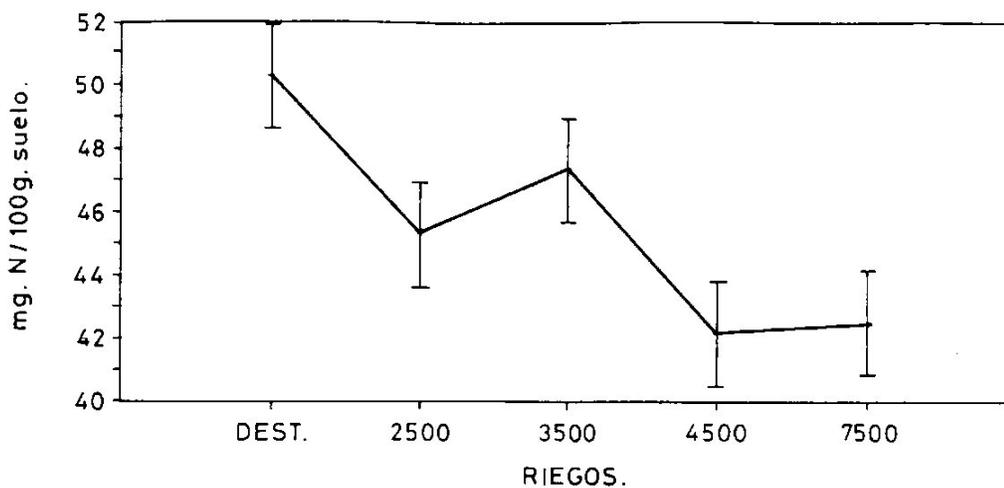


Figura 37: Valores medios e intervalos de confianza (al 95% de significación) al agrupar por riego.

Es muy similar a su homóloga correspondiente al nitrato y conduce a las mismas hipótesis propuestas en la discusión de aquél como explicación a sus resultados, esto es:

- * Un posible descenso en la solubilidad de los fertilizantes empleados como consecuencia de la creciente salinidad del riego, y
- * Favorecimiento de los procesos que conduzcan a la inmovilización del nitrógeno en formas orgánicas, o a la pérdida del mismo por volatilización o desnitrificación.

De nuevo se pueden clasificar las salinidades empleadas en el riego en tres grupos estadísticamente diferentes: Agua destilada, salinidad moderada: 2500 y 3500 $\mu\text{/cm}$ y alta salinidad: 4500 y 7500 $\mu\text{S/cm}$.

IV.8. N-ORGANICO.

En esta ocasión interesa conocer el balance global del parámetro más que el seguimiento detallado de su evolución a lo largo de la experiencia, por lo que se consideró suficiente analizar tan sólo las tomas I, VI y XI.

El contenido en N-orgánico se estimó mediante la diferencia entre los valores de N-Kjeldahl y $N-NH_4^+$ determinados previamente (Apéndices XVIII y XIX).

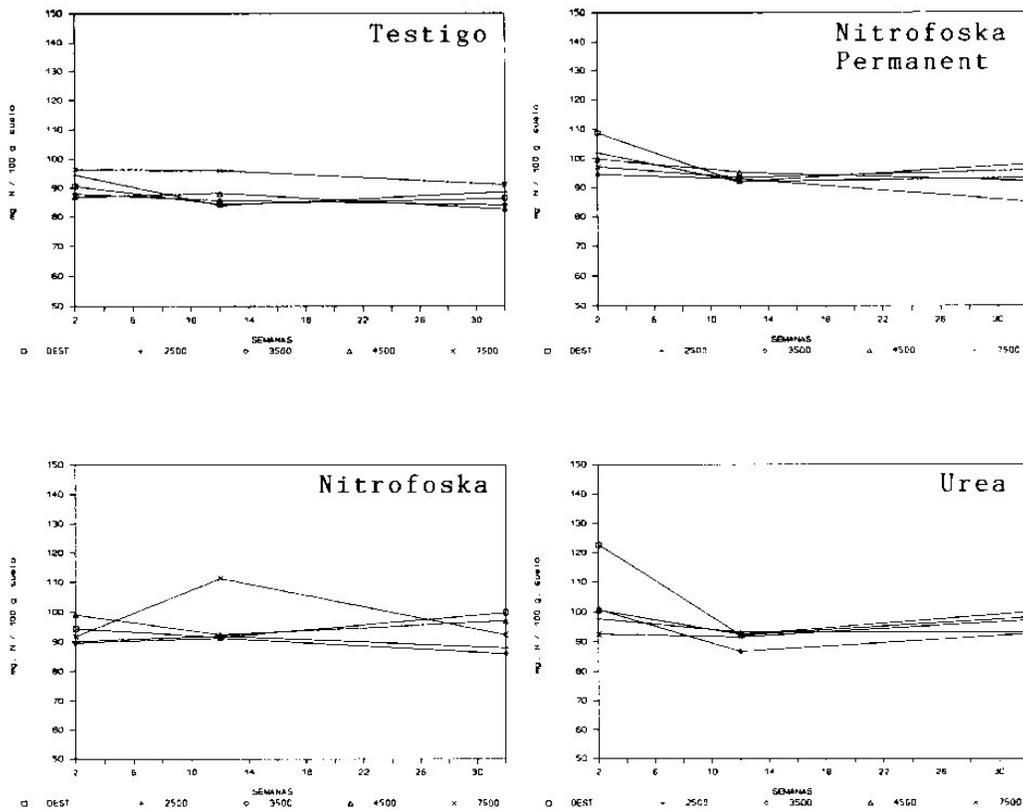


Figura 38: N-orgánico correspondiente a T, NP, N y U en cada toma y riego.

La figura 38 compara las evoluciones que corresponden a T, NP, N y U. Se observa que no hay diferencias notables entre las distintas tomas, a excepción de algún caso aislado que no reviste especial interés.

Las figuras 39 y 40 comparan los fertilizantes Nitrofoska (N) y urea (U) con sus modificaciones. La similitud que siguen presentando estas evoluciones es indicativa de la poca o nula influencia que tienen los recubrimientos aplicados a los fertilizantes, cuando éstos actúan en el suelo.

El estudio estadístico de los datos agrupados por los factores riego y fertilizante (Apéndice XXII) tampoco revela diferencias que aporten nueva información, por lo que se aplica un MANCOVA Unifactorial a los datos agrupados únicamente por el factor riego. Los resultados, que se exponen en la figura 41, revelan que los riegos con agua destilada y con alta salinidad: 4500 y 7500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no presentan diferencia estadística entre sí, así como los correspondientes a salinidad moderada: 2500 y 3500 $\mu\text{S}/\text{cm}$; no obstante, éstos se encuentran por debajo de aquéllos y se observan diferencias significativas, o casi significativas, entre los dos grupos. Este descenso del contenido en N-orgánico cuando se trata de salinidades moderadas puede ser explicado si pensamos que bajo estas condiciones exista un incremento en la mineralización de la materia orgánica presente en el suelo, hecho que está de acuerdo con otras experiencias en las que se concluye que la presencia de salinidad

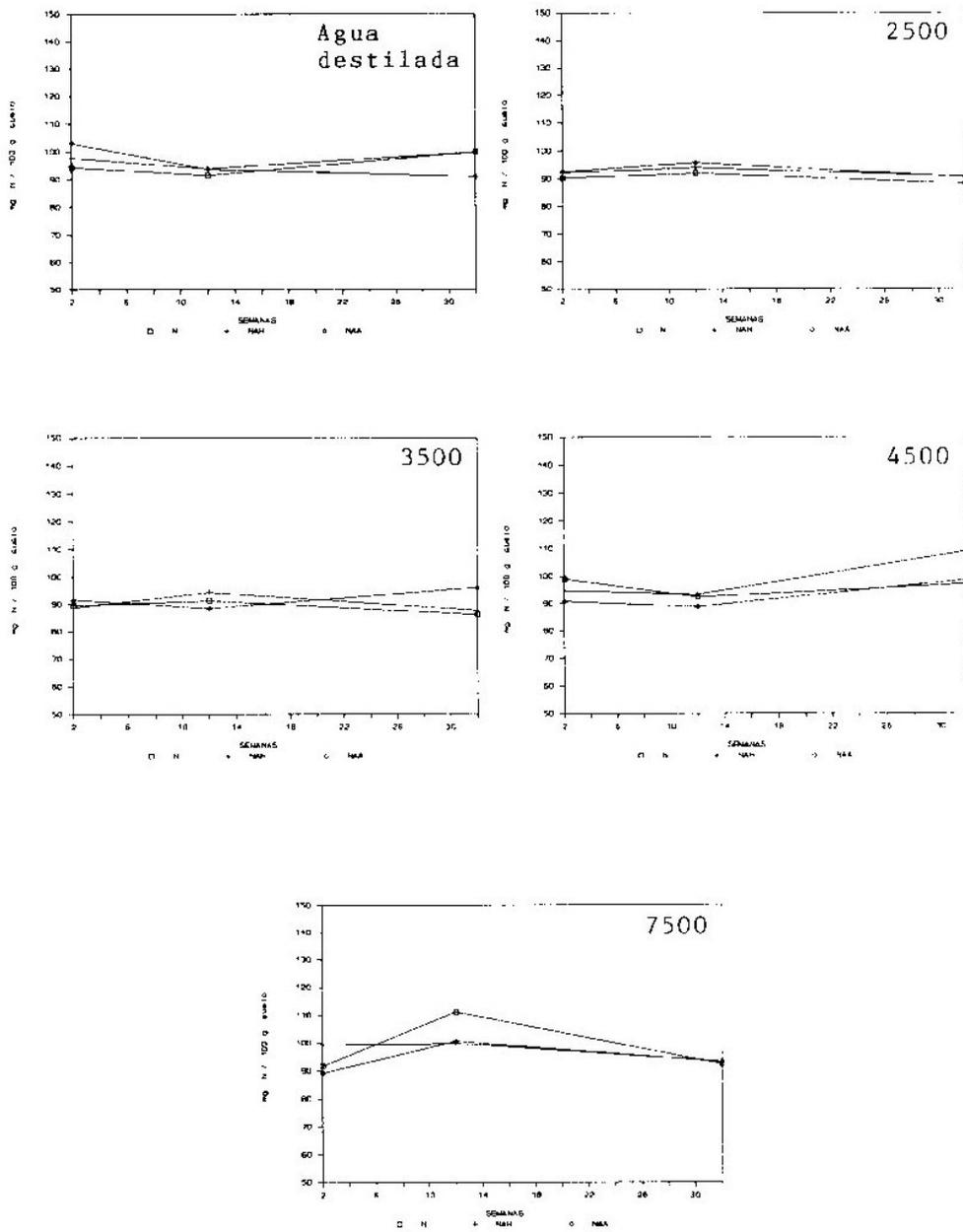


Figura 39: N-orgánico correspondiente a N, NAH y NAA en cada toma y riego.

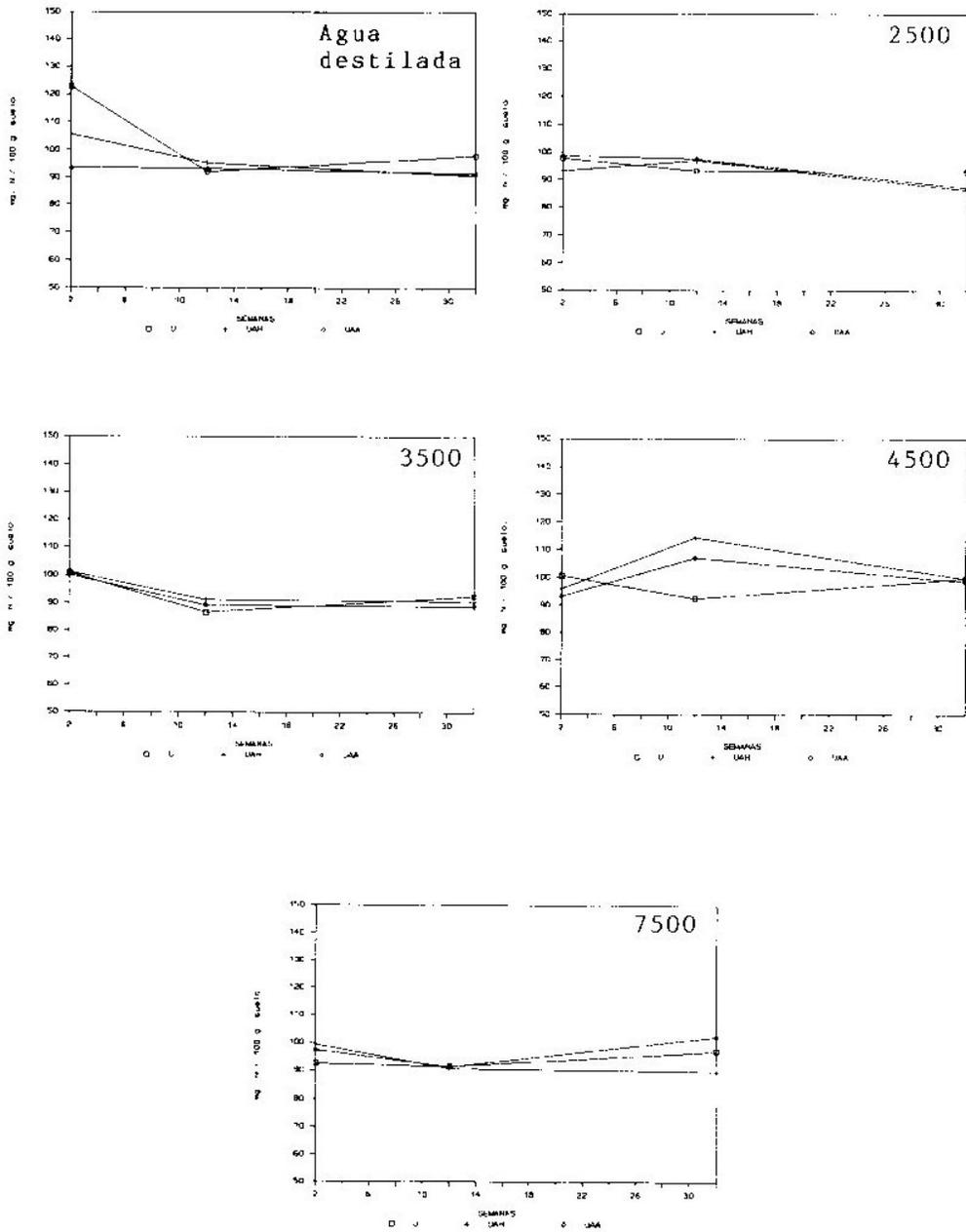


Figura 40: N-orgánico correspondiente a U, UAH y UAA en cada toma y riego.

moderada en la disolución del suelo favorece la mineralización del nitrógeno orgánico presente (García-Serna et al., 1988.).

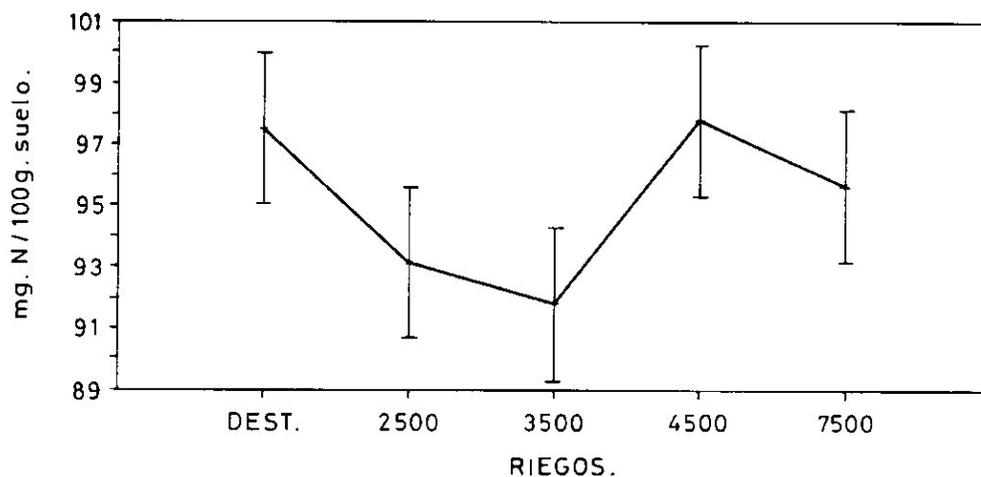


Figura 41: Valores medios e intervalos de confianza (al 95% de significación) al agrupar por riego.

En la misma figura se aprecia que no se produce acumulación de N-orgánico en el medio y, por lo tanto, debe descartarse la hipotética inmovilización de N-mineral en N-orgánico, destacando que incluso es el proceso contrario el que se lleva a cabo en condiciones de salinidad moderada (2500 y 3500 $\mu\text{S}/\text{cm}$). En consecuencia, la disminución del contenido en N-mineral al aumentar la salinidad del riego debe atribuirse exclusivamente a pérdidas por volatilización y desnitrificación, o a una menor disolución de los fertilizantes en condiciones salinas.

Debido a que las mayores pérdidas se llevan a cabo cuando se aportan riegos salinos, especialmente con

las salinidades más elevadas, parece poco probable que éstas se deban a la fijación de NH_4^+ por las arcillas del suelo ya que, además de que su presencia es efímera, debería competir con los cationes que aporta el riego durante toda la experiencia y a concentraciones mayores que la suya propia. También debe descartarse la percolación como explicación que justifique las pérdidas observadas, ya que se trata de un cauce que queda excluido de la experiencia por el riguroso control llevado a cabo en la gestión del riego.

IV.9. N-TOTAL.

Los valores correspondientes a la suma del N-orgánico y N-mineral representa el nitrógeno total presente en los tratamientos estudiados, los resultados se recogen en el apéndice XX.

La figura 42 compara las evoluciones de T, NP, N y U en todos los riegos. Se observa cierta constancia entre las tomas VI y XI, mientras que la primera suele presentar mayor dispersión.

The figure consists of four line graphs arranged in a 2x2 grid, each showing the evolution of total nitrogen (N-total) in mg N / 100 g soil over 30 weeks for different irrigation levels (DEST, 2500, 3500, 4500, 7500). The x-axis for all graphs is 'SEMANAS' (Weeks) with markers at 2, 6, 10, 14, 18, 22, 26, and 30. The y-axis is 'mg N / 100 g suelo' ranging from 80 to 220. The graphs are titled: 'Testigo' (top-left), 'Nitrofoska Permanent' (top-right), 'Nitrofoska' (bottom-left), and 'Urea' (bottom-right). In all graphs, the N-total values generally decrease from week 2 to week 14 and then stabilize or slightly increase. The 'Urea' treatment shows the highest initial N-total values (around 210-220 mg N / 100 g soil) which drop significantly by week 14. The 'Nitrofoska Permanent' and 'Nitrofoska' treatments show similar trends, starting around 130-150 mg N / 100 g soil and stabilizing around 130-140 mg N / 100 g soil. The 'Testigo' treatment starts around 130 mg N / 100 g soil and stabilizes around 100-110 mg N / 100 g soil. The irrigation levels generally have a minor effect on the overall N-total values, with the 7500 level often showing slightly higher values than the 2500 level in the later weeks.

Figura 42: N-total correspondiente a T, NP, N y U en cada toma y riego.

131

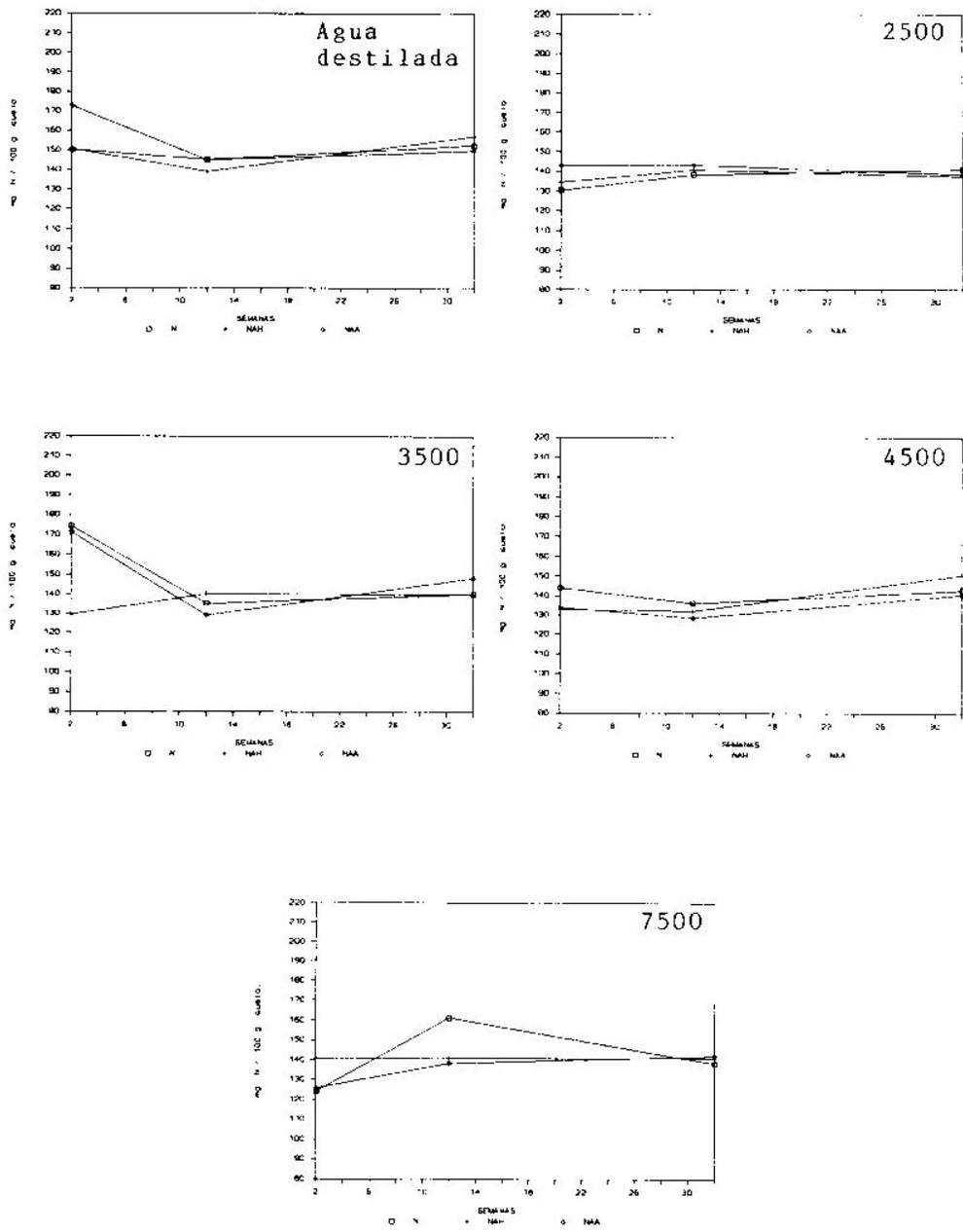


Figura 43: N-total correspondiente a N, NAH y NAA en cada toma y riego.

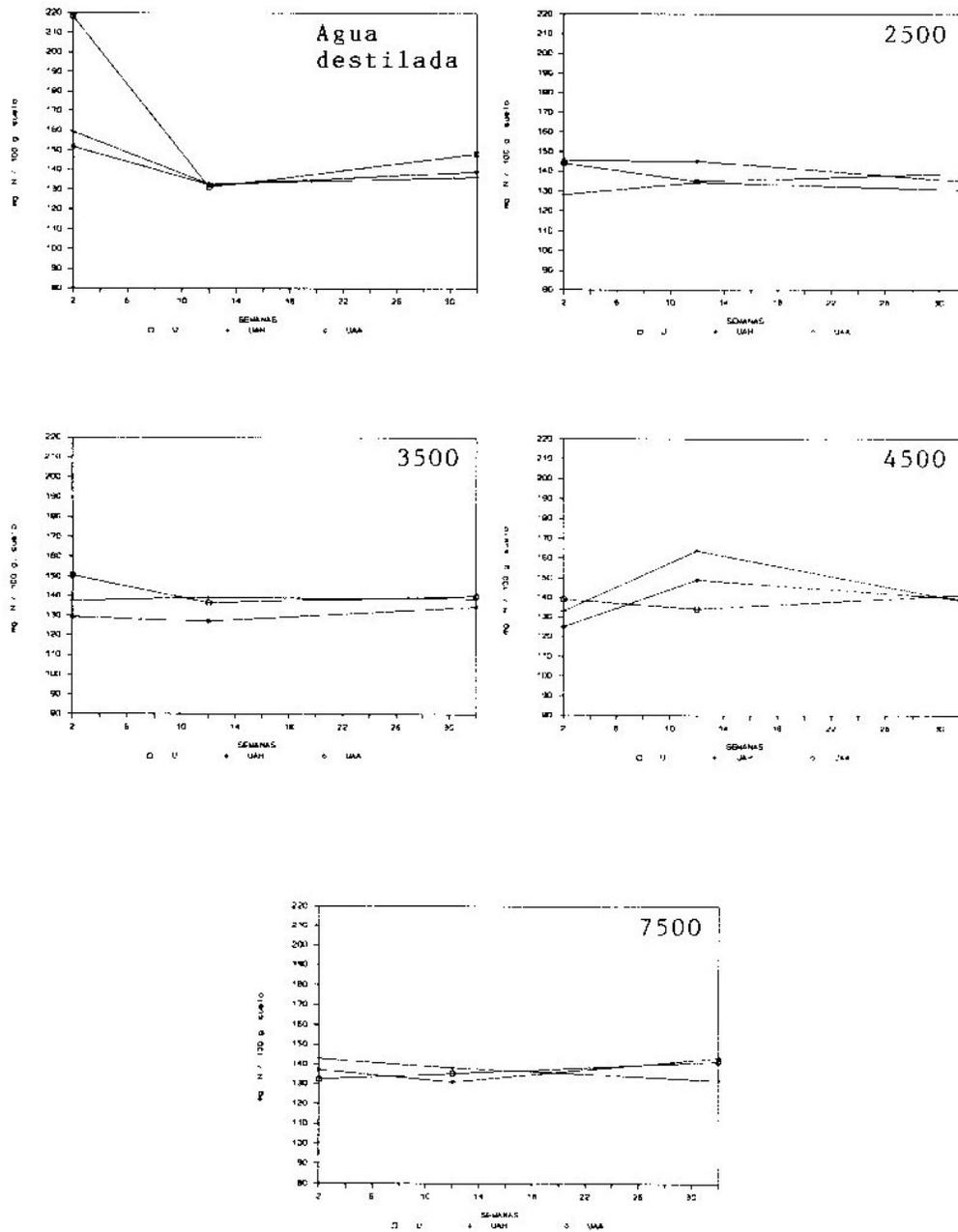


Figura 44: N-total correspondiente a U, UAH y UAA en cada toma y riego.

Los distintos recubrimientos tampoco influyen sobre el comportamiento del N-total en las condiciones de la experiencia (Figuras 43 y 44), que es consecuente con los resultados del resto de parámetros.

El estudio estadístico de los datos aplicando el MANCOVA de Factores Simples no presenta diferencias significativas en la mayoría de los casos (Apéndice XXII). De nuevo todos los grupos son, en general, estadísticamente iguales entre sí.

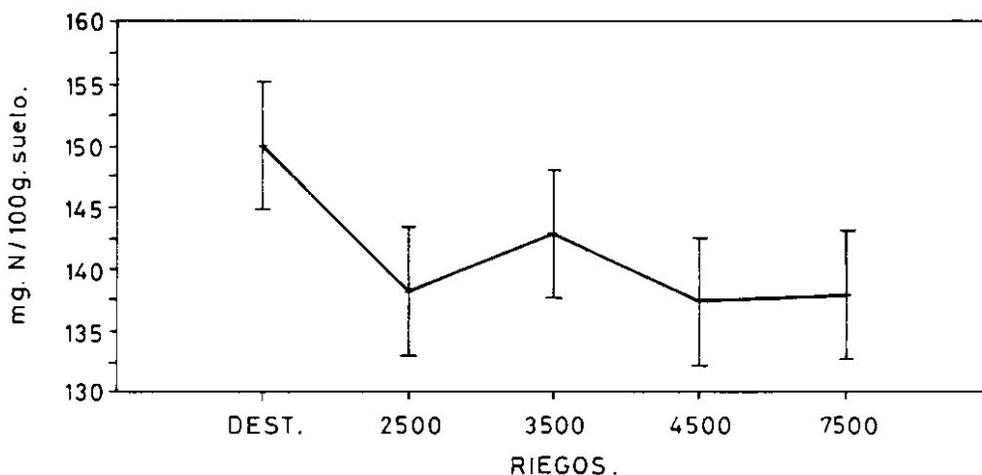


Figura 45: Valores medios e intervalos de confianza (al 95% de significación) al agrupar por riego.

La figura 45¹ muestra los resultados del

¹ Nótese que aunque el valor de N-total se calcula mediante la suma del N-mineral y N-orgánico correspondientes a la toma analizada, los resultados expuestos en la figura 45 no coinciden con la suma de los análogos correspondientes a N-mineral y N-orgánico (Figuras 37 y 41); la explicación reside en que mientras el resultado de N-mineral se calcula en base a las once determinaciones efectuadas, los de N-orgánico y N-total tan solo comportan tres valores a lo largo de toda la experiencia.

MANCOVA Unifactorial aplicado a los datos agrupados por el factor riego, se aprecia que el valor alcanzado con el riego de agua destilada es superior y estadísticamente distinto a cualquiera de los correspondientes a riegos salinos, mientras que éstos son comparables entre sí.

Este último resultado refuerza la conclusión a la que se llega en el apartado anterior, donde se decía que salinidades moderadas favorecen la mineralización del nitrógeno orgánico presente, ya que una vez comprobado que el valor de N-total es comparable en todos los riegos salinizados (Figura 45), las diferencias que presentan N-mineral y N-orgánico (Figuras 37 y 41) entre los riegos de salinidad moderada (2500 y 3500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y de alta salinidad (4500 y 7500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) solamente se pueden atribuir a esta razón.

Además, concluye definitivamente que las pérdidas de nitrógeno se ven favorecidas por la presencia de salinidad en el riego, que puede afectar bien por sí misma como por su contenido en cloruro. El hecho de que las cuatro salinidades conduzcan a los mismos resultados en cuanto a pérdidas, puede indicar que sea el cloruro el principal responsable, y que a partir del nivel alcanzado con el riego de 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ la influencia sea la misma independientemente de su concentración y de la salinidad total. Esta conclusión estaría de acuerdo con otros autores quienes afirman que el efecto tóxico del cloruro es más importante que el osmótico derivado de su concentración

(Roseberg et al., 1986.; Darrah et al., 1987.); aunque, por otro lado, induce a pensar que la salinidad y el cloruro afecten sobre aspectos diferentes.

V. CONCLUSIONES.

* La capacidad amortiguadora del suelo respecto a la conductividad no es suficiente cuando se trata con el riego más salino (7500 $\mu\text{S}/\text{cm}$), mientras que sí lo es con los restantes.

* No se observan grandes variaciones de conductividad entre los fertilizantes, y sí dependencia de ésta con el tiempo y la salinidad del riego.

* La salinidad del riego debilita la estructura del suelo a partir de 4500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad, obtenida por disolución de NaCl, descollando considerablemente el efecto que corresponde a 7500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

* Las salinidades empleadas se pueden clasificar en tres grupos, atendiendo a su influencia sobre la dinámica del nitrógeno; éstos son: agua destilada, salinidad moderada: 2500 y 3500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y alta salinidad: 4500 y 7500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

* Los niveles de N-NH_4^+ generados por urea (U), urea con ácidos húmicos (UAH) y urea con ácido algínico (UAA) en la toma I, son superiores al de cualquier otro fertilizante. Destaca la urea sobre sus modificaciones, que puede deberse a que los recubrimientos influyan sobre su hidrólisis en el suelo; y el riego con agua destilada sobre los demás, que indica la influencia de la salinidad del riego sobre la liberación de amonio.

* Se observa ausencia de N-amonio a partir de la cuarta semana de experiencia, en todos los tratamientos.

- * La cantidad de N-NO_2^- es pequeña en todas las tomas y tratamientos; sobresale la toma I sobre las demás, y se observa un apreciable descenso de su nivel al aumentar la salinidad del riego.
- * No se aprecia que el fertilizante, el riego o la toma afecten de alguna forma sobre la cantidad de N-NO_3^- presente en cada tratamiento.
- * Salinidades moderadas en el riego (2500 y 3500 $\mu\text{S/cm}$) favorecen el proceso de mineralización del nitrógeno orgánico, respecto al tratamiento con agua destilada.
- * La salinidad del riego favorece los procesos de volatilización de NH_3 y/o desnitrificación, bien por sí misma o por su contenido en cloruro, independientemente de la conductividad ensayada; se aprecia que las cuatro conducen a una pérdida neta de nitrógeno que es similar en todas ellas.
- * El análisis E.U.F. a que se someten los nuevos fertilizantes desarrollados indica que los materiales aportados en superficie les confieren características de liberación lenta de nitrógeno, con efectos diferentes según el recubrimiento y el fertilizante base de que se trate.
- * El mismo estudio identifica a estos fertilizantes como no recubiertos.
- * En el caso del Nitrofoska, es el ácido algínico el que presenta un mayor efecto sobre la liberación de nitrógeno, mientras que con los ácidos húmicos éste es inapreciable.

* La urea experimenta distintos comportamientos con los dos materiales estudiados, observando mayor influencia de los ácidos húmicos respecto al ácido algínico.

VI. APENDICES.

Apéndice I: Programa de control empleado para ejecutar el «Manova de factores simples», mediante el programa 4V del paquete estadístico BMDP. La información dentro de los recuadros es la que debe variar, total o parcialmente, dependiendo del análisis que se desee.

```
PROGRAM          CONTROL      INFORMATION
/ PROBLEM                               TITLE IS 'MANOVA'.
/ INPUT                               VARIABLES ARE 11.
                                       FORMAT IS FREE.

/ VARIABLES NAMES ARE RIEGO, FERT, TOMA, COND, NO2, NO3,
                                       NH4, NMIN, NK, NORG, NTOTAL.
                                       USE = RIEGO, FERT, NMIN, NO2, NO3, NH4.

/ BETWEEN FACTORS ARE RIEGO, FERT.

-
  CODES (RIEGO) ARE 1 TO 5.
  NAMES (RIEGO) ARE DEST, '2500', '3500', '4500', '7500'.
  CODES (FERT) ARE 1 TO 7.
  NAMES (FERT) ARE NP, N, NAH, NAA, U, UAH, UAA.

/ WEIGHTS BETWEEN ARE EQUAL.
/ END.
/ ANALYSIS PROCEDURE IS SIMPLE.
      HOLD IS RIEGO /
END /
```

Apéndice II: Programa de control empleado para ejecutar el «Mancova de factores simples», mediante el programa 4V del paquete estadístico BMDP. La información dentro de los recuadros es la que debe variar, total o parcialmente, dependiendo del análisis que se desee.

```
PROGRAM CONTROL INFORMATION
/ PROBLEM TITLE IS 'MANOVA'.
/ INPUT VARIABLES ARE 11.
FORMAT IS FREE.
/ VARIABLES NAMES ARE RIEGO, FERT, TOMA, COND, NO2, NO3,
NH4, NMIN, NK, NORG, NTOTAL.
USE = RIEGO, FERT, NMIN, NO2, NO3, NH4.
/ BETWEEN FACTORS ARE RIEGO, FERT.
CODES (RIEGO) ARE 1 TO 5.
NAMES (RIEGO) ARE DEST, '2500', '3500', '4500', '7500'.
CODES (FERT) ARE 1 TO 5.
NAMES (FERT) ARE NP, N, NAH, NAA, U, UAH, UAA.
/ WEIGHTS BETWEEN ARE EQUAL.
/ END.
/ ANALYSIS PROCEDURE IS SIMPLE.
HOLD IS RIEGO.
DEPENDENT IS NMIN.
COVARIATES ARE NO2, NO3, NH4. /
END /
```

Apéndice III: Programa de control empleado para ejecutar el «Manova unifactorial», mediante el programa 4V del paquete estadístico BMDP. La información dentro de los recuadros es la que debe variar, total o parcialmente, dependiendo del análisis que se desee.

```
PROGRAM      CONTROL  INFORMATION
/ PROBLEM                                TITLE IS 'MANOVA'.
/ INPUT                                           VARIABLES ARE 11.
                                                FORMAT IS FREE.
/ VARIABLES NAMES ARE RIEGO, FERT, TOMA, COND, NO2, NO3,
                                                NH4, NMIN, NK, NORG, NTOTAL.
USE= RIEGO, FERT, NMIN, NO2, NO3, NH4.

/ BETWEEN FACTORS ARE RIEGO, FERT.

      CODES (RIEGO) ARE 1 TO 5.
      NAMES (RIEGO) ARE DEST, '2500', '3500', '4500', '7500'.
      CODES (FERT) ARE 1 TO 7.
      NAMES (FERT) ARE NP, N, NAH, NAA, U, UAH, UAA.

/ WEIGHTS BETWEEN ARE EQUAL.
/ END.
/ ANALYSIS PROCEDURE IS FACTORIAL. /
END /
```

Apéndice IV: Programa de control empleado para ejecutar el «Mancova unifactorial», mediante el programa 4V del paquete estadístico BMDP. La información dentro de los recuadros es la que debe variar, total o parcialmente, dependiendo del análisis que se desee.

```
PROGRAM      CONTROL  INFORMATION
/ PROBLEM                                TITLE IS 'MANOVA'.
/ INPUT                                           VARIABLES ARE 11.
                                           FORMAT IS FREE.
/ VARIABLES NAMES ARE RIEGO, FERT, TOMA, COND, NO2, NO3,
                                           NH4, NMIN, NK, NORG, NTOTAL.
USE = RIEGO, FERT, NMIN, NO2, NO3, NH4.

/ BETWEEN FACTORS ARE RIEGO, FERT.

      CODES (RIEGO) ARE 1 TO 5.
      NAMES (RIEGO) ARE DEST, '2500', '3500', '4500',
              '7500'.
      CODES (FERT) ARE 1 TO 7.
      NAMES (FERT) ARE NP, N, NAH, NAA, U, UAH, UAA.

/ WEIGHTS BETWEEN ARE EQUAL.
/ END.
/ ANALYSIS PROCEDURE IS FACTORIAL.
      DEPENDENT IS NMIN.

      COVARIANTES ARE NO2, NO3, NH4. /

END /
```

Apéndice V: Niveles de N-nitrito, N-nitrato, N-Kjeldahl y N-total, en cada fracción de las extracciones E.U.F. a que se sometieron los fertilizantes ensayados (% N liberado en cada fracción.).

		EXTRAC.	1	2	3	4	5	6	7	8
		MINUTOS	5	10	15	20	25	30	35	40
FERT.										
NITRITO	NP		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	N		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NAH		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NAA		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	U		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	UAH		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	UAA		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NITRATO	NP		4,1	3,9	3,0	2,4	1,8	1,5	1,3	1,3
	N		15,3	11,4	6,0	4,2	2,6	1,6	1,7	0,7
	NAH		15,0	10,7	6,8	4,0	2,8	1,7	1,8	0,6
	NAA		13,5	8,1	5,1	3,9	3,0	2,3	2,3	2,0
	U		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	UAH		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	UAA		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
KJELDAHL	NP		6,3	6,5	6,9	5,8	5,1	4,2	2,7	1,8
	N		15,7	12,1	7,0	4,6	3,1	1,8	1,0	0,8
	NAH		14,7	11,3	7,7	4,5	3,1	1,7	1,3	0,8
	NAA		13,1	8,5	5,9	4,4	3,3	2,6	1,7	1,3
	U		33,9	24,7	19,3	9,7	5,3	3,3	1,8	1,1
	UAH		25,6	20,8	14,9	10,2	7,3	5,1	3,5	2,8
	UAA		31,8	22,8	14,8	9,5	6,0	4,4	2,3	1,5
TOTAL	NP		10,4	10,4	9,9	8,1	6,9	5,7	4,0	3,1
	N		31,0	23,5	13,0	8,8	5,7	3,3	2,7	1,5
	NAH		29,7	22,0	14,5	8,6	5,9	3,4	3,0	1,4
	NAA		26,6	16,6	11,0	8,3	6,3	4,9	4,0	3,3
	U		33,9	24,7	19,3	9,7	5,3	3,3	1,8	1,1
	UAH		25,7	20,8	14,9	10,2	7,3	5,1	3,5	2,8
	UAA		31,9	22,8	14,8	9,5	6,1	4,4	2,3	1,5

Apéndice VI: Nivel de N-total acumulado, en cada fracción de las extracciones E.U.F. a que se sometieron los fertilizantes ensayados (% N liberado en cada fracción.).

	EXTRAC.	1	2	3	4	5	6	7	8
	MINUTOS	5	10	15	20	25	30	35	40
FERT.									
NP		10,4	20,8	30,7	38,8	45,8	51,5	55,5	58,6
N		31,0	54,5	67,5	76,3	82,0	85,3	88,0	89,5
NAH		29,7	51,7	66,2	74,8	80,6	84,0	87,1	88,4
NAA		26,6	43,2	54,1	62,4	68,8	73,7	77,7	81,0
U		33,9	58,6	77,9	87,6	92,9	95,2	98,0	99,1
UAH		25,7	46,5	61,4	71,6	78,9	84,0	87,5	90,3
UAA		31,9	54,7	69,6	79,1	85,2	89,6	91,9	93,4

Apéndice VII: Conductividad presente en el suelo, en cada toma y tratamiento (mS / cm.).

		TOMAS	I	III	V	VII	IX	XI
		SEMANAS	2	6	10	16	24	32
RIEGO	FERT.							
	T		1,7	1,5	1,4	1,4	1,5	1,7
	NP		2,0	2,4	2,1	2,2	2,2	2,1
	N		2,2	2,7	2,6	2,1	2,3	2,3
DEST.	NAH		1,9	2,4	2,2	2,4	2,2	2,3
	NAA		2,2	2,4	2,3	2,3	2,3	2,4
	U		2,3	1,9	1,8	2,1	2,1	2,0
	UAH		1,9	2,2	1,8	2,0	2,0	2,0
	UAA		1,9	1,9	1,7	2,0	1,9	2,0
	T		1,6	1,5	1,8	1,8	2,1	2,0
	NP		1,9	2,1	2,3	2,2	2,4	2,5
	N		2,0	2,6	2,4	2,7	2,7	2,7
2500.	NAH		2,0	2,9	2,4	2,8	2,6	2,5
	NAA		2,2	2,2	2,5	2,5	2,5	2,6
	U		1,8	2,0	2,2	2,1	2,3	2,4
	UAH		1,7	1,9	2,3	2,6	2,5	2,4
	UAA		2,1	2,0	2,1	2,5	2,4	2,3
	T		1,6	2,0	1,9	2,1	2,1	2,1
	NP		1,8	2,4	2,5	2,4	2,6	2,9
	N		2,1	2,4	2,8	3,0	2,7	3,1
3500	NAH		2,3	2,5	2,5	2,9	2,9	3,0
	NAA		2,2	2,6	2,5	2,9	2,7	3,1
	U		2,1	2,4	2,3	2,5	2,7	2,6
	UAH		1,9	2,1	2,6	2,6	2,5	2,6
	UAA		1,7	1,9	2,3	2,6	2,0	2,5
	T		1,6	1,8	1,6	1,8	2,1	2,2
	NP		1,7	2,4	2,2	2,4	2,6	2,4
	N		2,1	2,4	2,6	2,8	3,0	2,9
4500	NAH		2,0	2,5	2,5	2,9	3,0	2,8
	NAA		2,2	2,6	2,9	2,9	3,1	2,7
	U		2,0	2,0	2,7	2,7	2,7	2,6
	UAH		1,9	2,2	2,4	2,6	2,7	2,6
	UAA		1,8	2,1	2,3	2,3	2,6	2,6
	T		1,9	2,0	2,1	2,6	2,6	2,8
	NP		2,2	2,4	2,8	3,1	3,1	3,3
	N		2,1	2,3	2,8	3,2	3,4	3,5
7500	NAH		2,2	2,2	3,1	3,1	3,4	3,6
	NAA		2,2	2,5	2,8	3,0	3,4	3,6
	U		2,1	2,1	2,6	3,2	3,4	3,3
	UAH		2,0	2,3	2,6	2,9	3,2	3,2
	UAA		2,0	2,3	2,6	3,4	3,1	3,2

Apéndice VIII: Niveles medios de cloruro correspondientes a cada toma y tratamiento, obtenidos en las etapas a 200 V. y a 400 V., así como el total extraído, de la extracción E.U.F. aplicada al suelo, (mg. Cl / 100 g. suelo.).

		TOMAS	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
		SEMANAS	2	4	6	8	10	12	16	20	24	28	32
RIEGO													
200 V.	DEST.		53,4	43,1	49,1	47,7	40,5	38,6	42,1	34,7	37,5	33,1	35,0
	2500		56,0	46,5	63,8	51,7	62,9	60,8	70,3	57,2	68,0	63,5	66,6
	3500		59,8	51,7	65,5	54,3	74,1	73,7	80,5	81,5	80,1	78,0	85,0
	4500		61,2	50,8	66,9	61,2	76,7	78,0	84,8	81,5	90,6	94,5	98,1
	7500		73,3	69,8	79,3	79,3	95,7	107,1	120,0	104,9	128,9	131,1	141,9
400 V.	DEST.		11,2	10,4	10,3	9,9	11,2	13,7	9,4	11,7	12,2	7,8	11,4
	2500		11,2	12,1	14,2	10,3	14,2	13,7	9,4	10,4	14,8	10,4	14,5
	3500		11,6	13,8	13,8	10,8	14,7	12,4	11,6	11,7	16,6	10,4	14,5
	4500		15,9	12,9	15,1	12,1	15,9	13,7	10,7	11,7	15,7	11,6	14,0
	7500		16,4	16,8	19,0	12,1	20,3	16,3	15,0	19,5	20,9	19,4	21,9
TOTAL	DEST.		64,6	53,5	59,5	57,7	51,7	52,3	51,5	46,4	49,7	40,9	46,4
	2500		67,2	58,6	78,0	62,1	77,1	74,5	79,7	67,6	82,8	73,8	81,0
	3500		71,4	65,5	79,3	65,1	88,8	86,1	92,1	93,2	96,7	88,3	99,4
	4500		77,1	63,8	82,0	73,3	92,6	91,7	95,5	93,2	106,3	106,2	112,1
	7500		89,6	86,6	98,2	91,4	115,9	123,4	135,0	124,4	149,8	150,5	163,8

Apéndice IX: Niveles de N-amonio correspondientes a cada toma y tratamiento, obtenidos en la etapa a 200 V. de la extracción E.U.F. aplicada al suelo (mg. N/100 g. suelo.).

		TOMAS	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
		SEMANAS	2	4	6	8	10	12	16	20	24	28	32
RIEGO	FERT.												
	T		1,5	0,8	0,7	1,0	0,5	0,7	0,8	0,0	0,0	0,7	1,3
	NP		2,5	0,1	0,0	0,3	0,4	0,4	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0
	N		3,1	0,3	0,4	0,1	0,5	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
DEST.	NAH		2,0	0,3	0,0	0,9	0,4	0,3	0,1	0,0	0,1	0,3	0,0
	NAA		5,3	0,3	0,0	0,2	0,0	0,4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
	U		30,6	1,1	0,3	0,3	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1
	UAH		7,2	0,7	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,5	0,0
	UAA		2,9	0,6	0,3	0,1	0,4	0,1	0,1	0,3	0,0	0,3	0,0
	T		0,7	0,1	0,3	0,0	0,4	0,1	0,2	0,0	0,1	0,4	0,3
	NP		0,8	0,4	0,0	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1
	N		0,4	0,1	0,3	2,0	0,3	0,3	0,3	0,0	0,1	0,3	0,0
2500	NAH		1,8	0,0	0,1	0,0	1,4	0,3	0,2	0,0	0,2	0,3	0,1
	NAA		2,1	0,2	0,1	0,0	0,4	0,3	0,1	0,0	0,1	0,5	0,3
	U		5,0	0,4	0,0	0,3	0,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,3	0,4
	UAH		0,7	0,1	0,1	0,0	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0
	UAA		3,3	0,1	0,1	0,0	0,5	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,0
	T		0,0	0,5	0,2	0,4	0,6	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2
	NP		0,6	0,5	0,0	0,3	0,4	0,2	0,0	0,1	0,0	0,3	0,1
	N		1,6	0,5	0,2	0,0	0,4	0,2	0,2	0,0	0,0	0,3	0,1
3500	NAH		0,9	0,2	0,3	0,3	0,5	0,4	0,2	0,2	0,0	0,3	0,3
	NAA		0,9	0,6	0,0	0,2	0,7	0,2	0,0	0,2	0,0	0,5	0,3
	U		5,9	0,2	0,0	0,0	0,4	0,3	0,3	0,0	0,0	0,2	0,0
	UAH		2,0	0,4	0,1	0,1	0,4	0,3	0,2	0,0	0,0	0,3	0,1
	UAA		0,6	0,2	0,1	0,0	0,4	0,3	0,4	0,0	0,1	0,2	0,0
	T		0,5	0,3	0,0	0,0	0,5	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,6
	NP		0,6	0,4	0,3	0,0	0,4	0,3	0,2	0,0	0,0	0,3	0,4
	N		1,9	0,5	0,1	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,0	0,3	0,1
4500	NAH		2,0	0,4	0,0	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,0	0,3	0,2
	NAA		2,8	0,3	0,0	0,1	0,4	0,2	0,0	0,4	0,1	0,3	0,3
	U		3,2	0,4	0,9	0,2	0,4	0,3	0,5	0,2	0,0	0,3	0,0
	UAH		4,8	0,7	0,0	0,1	0,2	0,2	0,1	0,0	0,1	0,3	0,1
	UAA		3,4	0,4	0,1	0,0	0,4	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,3
	T		0,0	0,4	0,0	0,3	0,5	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,2
	NP		1,4	0,7	0,0	0,0	0,5	0,1	0,2	0,4	0,0	0,4	0,3
	N		0,4	0,7	0,0	0,0	0,6	0,2	0,2	0,5	0,1	0,3	0,1
7500	NAH		1,8	0,2	0,1	0,0	0,3	0,1	0,0	0,3	0,0	0,2	0,0
	NAA		1,2	0,2	0,0	0,1	0,5	0,2	0,2	0,3	0,1	0,4	0,3
	U		4,4	0,7	0,0	0,1	0,6	0,1	0,1	0,4	0,1	0,5	0,1
	UAH		5,9	0,8	0,0	0,1	0,4	0,2	0,1	0,3	0,1	0,4	0,1
	UAA		5,0	0,9	0,2	0,1	0,5	0,4	0,2	0,5	0,1	0,4	0,1

Apéndice X: Niveles de N-amonio correspondientes a cada toma y tratamiento, obtenidos en la etapa a 400 V. de la extracción E.U.F. aplicada al suelo (mg. N/100 g. suelo.).

		TOMAS	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
		SEMANAS	2	4	6	8	10	12	16	20	24	28	32
RIEGO	FERT.												
DEST.	T	0,3	0,5	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	0,4
	NP	0,4	0,3	0,0	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2
	N	0,5	0,1	0,1	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
	NAH	0,0	0,3	0,0	0,2	0,2	0,0	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
	NAA	0,5	0,3	0,0	0,3	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0
	U	3,5	0,1	0,0	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,2	0,1
	UAH	1,3	0,4	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	UAA	4,2	0,4	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
2500	T	0,0	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,2
	NP	1,5	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2
	N	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
	NAH	0,3	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
	NAA	0,4	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2
	U	0,7	0,3	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2
	UAH	0,3	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2
	UAA	0,5	0,3	0,0	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3
3500	T	0,0	0,3	0,0	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2
	NP	0,2	0,2	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2
	N	0,2	0,2	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2
	NAH	0,3	0,1	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2
	NAA	0,0	0,4	0,0	0,1	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
	U	0,8	0,2	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
	UAH	0,4	0,3	0,0	0,1	0,2	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2
	UAA	0,2	0,3	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
4500	T	0,3	0,3	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3
	NP	0,2	0,4	0,0	0,1	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
	N	0,5	0,4	0,0	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2
	NAH	0,3	0,3	0,0	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,0	0,2	0,2	0,2
	NAA	0,6	0,4	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	U	0,6	0,4	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
	UAH	0,8	0,4	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
	UAA	0,4	0,3	0,0	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2
7500	T	0,2	0,4	0,0	0,2	0,2	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	NP	0,3	0,4	0,0	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
	N	0,2	0,4	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2
	NAH	0,3	0,4	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
	NAA	0,2	0,2	0,0	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,2	0,1
	U	0,9	0,4	0,0	0,1	0,2	0,2	0,0	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2
	UAH	0,8	0,6	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
	UAA	0,9	0,5	0,0	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3

Apéndice XI: Niveles de N-amonio correspondientes a cada toma y tratamiento, obtenidos como total extraído en la extracción E.U.F. aplicada al suelo (mg. N/100 g. suelo.).

		TOMAS	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
		SEMANAS	2	4	6	8	10	12	16	20	24	28	32
RIEGO FERT.													
DEST.	T		1,8	1,3	1,0	1,3	0,7	0,9	1,0	0,2	0,2	0,7	1,6
	NP		2,9	0,4	0,0	0,5	0,5	0,5	0,3	0,0	0,1	0,3	0,2
	N		3,6	0,5	0,4	0,4	0,7	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,2
	NAH		2,0	0,6	0,0	1,1	0,6	0,3	0,3	0,0	0,1	0,4	0,1
	NAA		5,7	0,6	0,0	0,5	0,1	0,5	0,3	0,0	0,2	0,1	0,0
	U		34,0	1,1	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2	0,1	0,1	0,4	0,2
	UAH		8,5	1,1	0,0	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,7	0,1
	UAA		7,1	1,0	0,4	0,2	0,5	0,2	0,2	0,5	0,1	0,4	0,2
	2500												
T		0,7	0,2	0,3	0,1	0,6	0,2	0,3	0,1	0,2	0,7	0,5	
NP		2,2	0,7	0,0	0,3	0,2	0,4	0,1	0,0	0,1	0,4	0,2	
N		0,4	0,2	0,3	2,0	0,5	0,4	0,4	0,0	0,2	0,4	0,1	
NAH		2,1	0,1	0,1	0,1	1,5	0,4	0,2	0,1	0,2	0,4	0,3	
NAA		2,5	0,4	0,1	0,1	0,6	0,4	0,2	0,0	0,2	0,7	0,4	
U		5,6	0,7	0,0	0,3	0,5	0,2	0,2	0,0	0,0	0,4	0,6	
UAH		1,0	0,2	0,1	0,1	0,4	0,2	0,3	0,1	0,2	0,4	0,2	
UAA		3,8	0,5	0,1	0,1	0,8	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	
3500													
T		0,0	0,8	0,2	0,6	0,7	0,4	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	
NP		0,8	0,7	0,0	0,4	0,6	0,3	0,1	0,1	0,0	0,4	0,3	
N		1,9	0,7	0,2	0,1	0,6	0,2	0,4	0,0	0,0	0,4	0,3	
NAH		1,1	0,3	0,3	0,4	0,6	0,5	0,4	0,2	0,0	0,5	0,5	
NAA		0,9	1,0	0,0	0,3	0,9	0,4	0,1	0,2	0,0	0,6	0,4	
U		6,7	0,4	0,0	0,1	0,6	0,3	0,4	0,1	0,1	0,3	0,2	
UAH		2,4	0,7	0,1	0,1	0,6	0,3	0,3	0,1	0,1	0,4	0,3	
UAA		0,9	0,5	0,1	0,1	0,6	0,4	0,5	0,1	0,2	0,3	0,2	
4500													
T		0,8	0,6	0,0	0,2	0,7	0,2	0,3	0,2	0,3	0,5	0,8	
NP		0,8	0,7	0,3	0,1	0,6	0,3	0,4	0,1	0,1	0,5	0,6	
N		2,4	0,9	0,1	0,4	0,6	0,3	0,2	0,3	0,0	0,5	0,3	
NAH		2,3	0,7	0,0	0,6	0,5	0,3	0,3	0,3	0,0	0,5	0,4	
NAA		3,4	0,6	0,0	0,3	0,5	0,3	0,1	0,5	0,2	0,5	0,4	
U		3,8	0,8	1,0	0,4	0,5	0,3	0,7	0,4	0,1	0,5	0,2	
UAH		5,5	1,2	0,0	0,2	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,5	0,3	
UAA		3,8	0,7	0,1	0,2	0,6	0,3	0,2	0,4	0,2	0,4	0,5	
7500													
T		0,2	0,8	0,0	0,4	0,7	0,3	0,2	0,5	0,3	0,5	0,4	
NP		1,7	1,1	0,0	0,2	0,7	0,2	0,2	0,6	0,1	0,6	0,5	
N		0,6	1,1	0,0	0,1	0,8	0,3	0,3	0,8	0,2	0,4	0,3	
NAH		2,1	0,6	0,1	0,1	0,5	0,1	0,1	0,5	0,1	0,4	0,2	
NAA		1,4	0,4	0,0	0,3	0,6	0,3	0,3	0,6	0,3	0,6	0,4	
U		5,3	1,1	0,0	0,2	0,8	0,3	0,1	0,7	0,2	0,6	0,2	
UAH		6,7	1,3	0,0	0,3	0,6	0,3	0,2	0,5	0,2	0,6	0,3	
UAA		5,9	1,4	0,3	0,4	0,7	0,5	0,2	0,8	0,3	0,6	0,3	

Apéndice XII: Niveles de N-nitrito correspondientes a cada toma y tratamiento, obtenidos en la etapa a 200 V. de la extracción E.U.F. aplicada al suelo (mg. N/100 g. suelo.).

		TOMAS	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
		SEMANAS	2	4	6	8	10	12	16	20	24	28	32
RIEGO	FERT.												
DEST.	T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,3
	NP	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,3
	N	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4
	NAH	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,4
	NAA	0,7	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
	U	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	UAH	2,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	UAA	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2500	T	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NP	0,8	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,3	0,0	0,2
	N	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NAH	1,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
	NAA	0,4	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
	U	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
	UAH	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	UAA	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3500	T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NP	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
	N	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
	NAH	0,9	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NAA	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	U	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
	UAH	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
	UAA	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4500	T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NP	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
	N	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
	NAH	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NAA	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	U	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	UAH	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
	UAA	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7500	T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0
	NP	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	N	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NAH	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NAA	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	U	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	UAH	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	UAA	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Apéndice XIII: Niveles de N-nitrito correspondientes a cada toma y tratamiento, obtenidos en la etapa a 400 V. de la extracción E.U.F. aplicada al suelo (mg. N/100 g. suelo.).

		TOMAS	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
		SEMANAS	2	4	6	8	10	12	16	20	24	28	32
RIEGO	FERT.												
DEST.	T		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NP		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	N		0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
	NAH		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NAA		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	U		0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	UAH		0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	UAA		0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2500	T		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NP			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
N			0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NAH			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NAA			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
U			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
UAH			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
UAA			0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3500		T		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NP		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	N		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NAH		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NAA		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	U		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
	UAH		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	UAA		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	4500	T		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NP			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
N			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NAH			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NAA			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
U			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
UAH			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
UAA			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7500		T		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NP		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	N		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NAH		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NAA		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	U		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	UAH		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	UAA		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Apéndice XIV: Niveles de N-nitrato correspondientes a cada toma y tratamiento, obtenidos en la etapa a 200 V. de la extracción E.U.F. aplicada al suelo (mg. N/100 g. suelo.)

		TOMAS	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
		SEMANAS	2	4	6	8	10	12	16	20	24	28	32
RIEGO	FERT.												
DEST.	T	37,4	13,9	14,5	18,1	11,9	15,0	14,7	14,6	18,0	16,9	19,6	
	NP	37,7	31,4	53,1	55,3	39,9	39,7	49,1	42,6	45,5	46,0	44,7	
	N	48,6	32,4	71,9	32,7	59,0	50,0	41,6	41,8	48,9	45,5	47,0	
	NAH	46,6	41,1	56,9	51,4	43,7	42,3	52,6	40,7	43,4	46,5	52,9	
	NAA	57,9	38,7	51,3	49,6	50,9	45,6	52,9	40,5	42,9	63,8	53,9	
	U	53,6	39,4	44,3	36,0	35,9	36,2	51,6	37,6	48,4	57,9	47,0	
	UAH	38,4	49,8	57,1	33,0	34,9	34,5	49,2	42,4	46,0	44,4	42,1	
	UAA	46,0	42,7	42,6	38,5	41,1	36,3	53,0	42,6	40,7	45,7	43,9	
2500	T	19,2	12,3	11,9	13,0	11,2	13,1	14,7	13,8	15,7	15,3	15,1	
	NP	30,4	30,3	34,6	23,4	36,0	42,0	36,3	39,9	36,1	44,4	38,9	
	N	35,6	40,1	58,2	36,0	46,3	42,5	45,4	51,2	46,5	49,1	47,5	
	NAH	35,4	44,7	67,3	37,0	43,2	43,1	51,8	35,9	40,7	40,1	41,8	
	NAA	43,3	44,1	34,8	35,2	43,0	44,4	44,5	38,7	37,1	42,2	43,2	
	U	35,7	43,7	40,1	28,5	46,3	39,1	38,5	40,3	37,9	47,8	41,6	
	UAH	30,4	38,4	34,9	35,5	45,1	34,7	58,1	44,8	43,6	40,4	40,9	
	UAA	37,7	42,1	36,6	37,5	39,0	43,1	45,0	40,2	42,6	39,9	45,0	
3500	T	19,2	12,9	16,8	10,8	9,6	13,9	15,5	16,1	15,2	14,9	14,0	
	NP	77,4	27,3	37,8	50,6	42,0	46,7	39,1	38,9	39,7	43,6	47,0	
	N	79,0	54,1	42,1	38,5	53,1	40,7	36,7	42,1	41,0	40,3	49,3	
	NAH	35,4	40,7	43,7	35,7	46,5	40,6	49,7	42,4	43,3	43,9	47,8	
	NAA	75,1	46,1	49,1	31,7	43,8	37,3	46,7	47,7	43,4	48,0	47,8	
	U	38,4	29,0	54,5	34,2	44,3	44,9	45,3	39,5	46,2	41,1	43,2	
	UAH	31,1	35,4	41,2	46,0	53,6	43,0	48,9	43,4	43,3	40,3	42,9	
	UAA	25,8	28,3	31,3	36,3	42,2	33,7	47,2	41,3	40,2	41,6	41,8	
4500	T	14,9	7,9	11,4	7,1	7,8	8,7	9,2	9,9	12,0	12,0	12,4	
	NP	21,8	22,3	47,9	36,7	35,4	26,9	36,3	36,2	32,6	38,8	33,7	
	N	38,0	41,4	40,7	40,3	42,5	39,9	42,0	35,6	43,9	43,4	40,5	
	NAH	30,8	35,0	43,3	34,8	37,5	35,5	45,8	38,9	43,4	41,1	36,9	
	NAA	34,4	34,4	46,1	37,5	49,4	36,0	45,9	45,6	47,8	45,5	38,0	
	U	30,4	27,0	36,3	39,2	49,5	37,9	44,5	36,8	37,3	36,5	38,3	
	UAH	28,4	35,0	38,8	38,3	42,4	45,7	46,7	37,0	40,2	37,5	33,9	
	UAA	24,8	33,4	34,8	37,5	39,6	38,3	35,9	36,8	39,5	40,3	36,4	
7500	T	15,2	8,0	12,6	8,5	8,6	11,8	13,4	10,4	11,8	11,0	12,2	
	NP	30,1	31,5	33,3	31,9	35,9	37,3	39,9	33,8	38,1	37,8	40,2	
	N	28,4	47,0	34,0	39,8	37,2	45,6	43,9	40,3	41,3	46,2	41,2	
	NAH	35,4	34,7	32,2	36,8	43,4	38,1	42,3	37,5	42,6	41,7	43,2	
	NAA	31,4	30,0	37,1	35,2	38,8	34,9	45,6	38,1	40,0	40,3	43,6	
	U	31,7	31,8	31,3	41,1	36,8	40,2	44,8	37,5	45,0	42,9	40,9	
	UAH	34,4	42,6	41,1	34,2	39,0	43,6	42,1	34,8	41,6	38,8	38,1	
	UAA	29,8	30,4	39,7	33,0	39,9	36,5	55,1	39,5	39,2	41,2	37,2	

Apéndice XV: Niveles de N-nitrato correspondientes a cada toma y tratamiento, obtenidos en la etapa a 400 V. de la extracción E.U.F. aplicada al suelo (mg. N/100 g. suelo.).

		TOMAS	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
		SEMANAS	2	4	6	8	10	12	16	20	24	28	32
RIEGO	FERT.												
DEST.	T		2,4	0,8	1,6	1,8	1,1	2,9	1,1	1,0	1,9	2,2	3,2
	NP		2,5	1,8	4,0	3,2	2,8	3,0	3,7	3,8	2,9	4,8	4,6
	N		3,4	1,6	4,9	2,4	3,7	3,6	3,4	2,8	5,3	4,6	4,9
	NAH		4,0	2,4	4,3	4,8	2,7	2,6	4,3	2,8	4,6	4,3	3,8
	NAA		5,5	2,9	3,5	3,5	3,8	5,1	4,2	3,1	4,1	4,3	4,6
	U		5,3	3,4	3,0	2,7	3,3	2,6	4,0	2,1	4,6	3,9	3,1
	UAH		4,5	2,7	3,2	2,5	3,0	2,6	3,8	2,8	4,3	3,7	3,7
	UAA		3,4	3,1	2,9	3,3	2,9	2,7	4,0	2,7	3,5	3,2	3,6
2500	T		2,0	0,8	0,7	1,5	1,6	1,0	1,1	0,7	1,5	1,6	1,4
	NP		4,0	2,5	4,0	2,5	3,8	3,4	3,4	3,0	4,3	4,3	4,5
	N		3,8	2,7	4,7	2,3	3,3	3,4	5,0	3,6	4,1	4,7	5,3
	NAH		2,9	4,0	5,5	3,8	3,6	3,3	4,7	3,0	5,3	3,5	4,3
	NAA		4,1	3,7	3,9	2,8	3,4	2,7	4,0	3,4	4,2	3,8	3,9
	U		4,1	3,1	3,7	2,6	2,8	2,5	4,5	3,5	3,9	4,6	3,8
	UAH		3,0	3,1	2,3	3,0	3,7	2,5	4,8	3,6	4,3	4,0	3,4
	UAA		3,6	2,1	2,8	3,4	2,9	4,0	3,6	3,9	4,6	3,7	2,7
3500	T		1,6	0,7	1,1	1,2	1,2	1,0	1,4	1,6	1,5	1,6	1,3
	NP		2,8	2,8	3,3	4,6	3,5	3,0	3,5	3,6	4,3	4,4	4,4
	N		3,0	4,4	3,4	3,8	3,9	3,0	4,6	4,1	4,0	3,4	4,1
	NAH		3,4	3,0	3,3	3,8	3,2	4,7	3,6	3,0	5,1	3,6	3,9
	NAA		3,7	3,1	3,3	2,6	3,0	3,1	4,1	4,0	3,7	3,3	4,1
	U		4,0	2,3	3,3	2,9	3,2	4,5	3,4	2,6	2,9	3,3	3,9
	UAH		2,6	2,7	2,8	4,2	3,2	4,8	4,0	4,0	2,8	3,1	4,8
	UAA		2,3	2,5	2,6	3,3	3,0	3,7	3,9	3,6	2,4	3,4	3,7
4500	T		2,8	1,2	0,8	1,0	0,9	1,0	0,8	0,6	0,9	1,2	1,2
	NP		3,0	1,2	3,2	4,1	2,8	3,3	3,1	3,6	4,3	2,9	3,1
	N		4,0	2,7	3,1	3,6	3,3	3,4	3,9	2,0	3,8	4,6	4,4
	NAH		4,7	2,6	3,8	3,6	3,4	2,9	4,3	4,7	3,7	4,0	4,1
	NAA		4,8	2,7	3,6	2,8	4,1	3,1	3,9	3,7	4,3	5,0	3,2
	U		3,7	1,7	1,6	2,5	3,8	3,3	4,0	3,2	3,5	3,7	3,4
	UAH		2,9	2,2	2,8	2,2	3,8	3,4	2,7	3,0	3,3	3,2	4,0
	UAA		2,6	2,4	2,7	2,5	2,8	3,3	2,9	4,3	3,4	4,0	3,7
7500	T		1,9	0,9	1,0	0,9	1,0	1,1	1,3	1,6	1,0	1,9	1,6
	NP		2,4	2,0	2,6	2,9	3,8	3,1	3,9	5,0	3,6	4,4	4,0
	N		3,3	2,7	2,3	3,4	3,1	4,2	4,0	2,5	3,1	5,0	4,5
	NAH		3,6	2,7	2,3	3,8	4,0	2,8	4,0	3,6	3,8	4,9	4,1
	NAA		3,6	2,0	3,0	3,4	3,0	2,7	4,3	4,0	4,4	4,7	4,8
	U		2,6	2,7	2,1	3,5	3,3	3,1	4,0	3,2	4,1	5,2	3,3
	UAH		2,1	3,1	2,5	3,1	3,3	3,5	4,3	3,5	3,3	4,2	3,6
	UAA		3,7	2,6	2,3	3,1	3,1	2,7	3,8	3,2	3,8	3,6	3,6

Apéndice XVI: Niveles de N-nitrato correspondientes a cada toma y tratamiento, obtenidos como total extraído en la extracción E.U.F. aplicada al suelo (mg. N/100 g. suelo.).

		TOMAS	1	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
		SEMANAS	2	4	6	8	10	12	16	20	24	28	32
RIEGO	FERT.												
DEST.	T	39,8	14,8	16,1	19,9	13,0	17,9	15,8	15,5	19,9	19,1	22,7	
	NP	40,2	33,1	57,1	58,5	42,8	42,7	52,8	46,3	48,4	50,9	49,2	
	N	52,1	33,9	76,8	35,1	62,7	53,6	45,1	44,5	54,2	50,2	51,9	
	NAH	50,6	43,5	61,2	56,2	46,4	45,0	56,9	43,4	48,0	50,8	56,8	
	NAA	63,3	41,6	54,8	53,1	54,7	50,7	57,1	43,6	47,0	68,1	58,5	
	U	58,9	42,8	47,3	38,7	39,1	38,8	55,6	39,7	53,1	61,7	50,2	
	UAH	42,9	52,5	60,3	35,5	37,8	37,1	53,0	45,2	50,3	48,1	45,8	
	UAA	49,3	45,9	45,5	41,7	44,0	39,0	57,1	45,2	44,1	48,9	47,4	
2500	T	21,2	13,1	12,6	14,5	12,9	14,0	15,8	14,5	17,2	16,8	16,5	
	NP	34,5	32,9	38,7	25,9	39,8	45,4	39,6	42,8	40,4	48,7	43,5	
	N	39,4	42,8	62,9	38,3	49,6	45,9	50,4	54,8	50,6	53,9	52,9	
	NAH	38,3	48,7	72,8	40,8	46,8	46,4	56,5	38,9	45,9	43,6	46,1	
	NAA	47,4	47,8	38,7	38,0	46,4	47,1	48,5	42,1	41,3	46,0	47,1	
	U	39,8	46,8	43,8	31,1	49,0	41,5	43,0	43,8	41,8	52,5	45,5	
	UAH	33,4	41,4	37,2	38,5	48,4	37,2	62,9	48,4	47,8	44,4	44,3	
	UAA	41,3	44,2	39,5	40,9	41,8	47,1	48,6	44,1	47,2	43,7	47,7	
3500	T	20,8	13,7	17,9	12,0	10,7	14,8	16,9	17,8	16,8	16,5	15,2	
	NP	80,2	30,1	41,2	55,2	45,5	49,7	42,6	42,5	44,0	47,9	51,4	
	N	82,0	58,5	45,5	42,2	57,0	43,8	41,3	46,2	45,0	43,6	53,3	
	NAH	38,8	43,8	46,9	39,5	49,6	45,3	53,3	45,4	48,4	47,5	51,8	
	NAA	78,7	49,2	52,4	34,3	46,8	40,4	50,8	51,7	47,2	51,3	51,9	
	U	42,4	31,3	57,7	37,1	47,6	49,5	48,7	42,1	49,1	44,4	47,1	
	UAH	33,7	38,1	44,0	50,2	56,8	47,7	53,0	47,4	46,0	43,3	47,8	
	UAA	28,0	30,8	33,9	39,6	45,3	37,4	51,1	44,9	42,5	45,0	45,5	
4500	T	17,7	9,1	12,2	8,2	8,7	9,7	10,0	10,5	12,9	13,1	13,6	
	NP	24,8	23,5	51,1	40,8	38,2	30,2	39,3	39,8	36,8	41,7	36,8	
	N	42,1	44,1	43,8	43,9	45,8	43,3	45,8	37,5	47,7	48,0	44,9	
	NAH	35,5	37,6	47,1	38,4	40,9	38,4	50,1	43,6	47,1	45,1	41,0	
	NAA	39,2	37,0	49,7	40,2	53,5	39,1	49,8	49,3	52,1	50,5	41,2	
	U	34,1	28,7	37,8	41,7	53,3	41,3	48,5	40,0	40,8	40,2	41,7	
	UAH	31,3	37,2	41,6	40,5	46,2	49,2	49,4	40,0	43,5	40,7	37,8	
	UAA	27,4	35,8	37,5	40,0	42,4	41,6	38,8	41,1	43,0	44,3	40,1	
7500	T	17,1	8,9	13,6	9,4	9,6	12,9	14,8	12,0	12,9	12,8	13,8	
	NP	32,4	33,5	35,9	34,7	39,7	40,4	43,8	38,8	41,7	42,2	44,2	
	N	31,7	49,7	36,3	43,2	40,3	49,7	47,8	42,8	44,4	51,2	45,7	
	NAH	39,0	37,4	34,5	40,6	47,3	40,9	46,3	41,0	46,4	46,7	47,3	
	NAA	35,1	32,0	40,0	38,6	41,8	37,6	49,9	42,1	44,5	45,0	48,4	
	U	34,4	34,5	33,4	44,6	40,1	43,3	48,8	40,7	49,1	48,1	44,1	
	UAH	36,5	45,7	43,6	37,3	42,4	47,1	46,4	38,3	45,0	43,0	41,7	
	UAA	33,4	33,0	41,9	36,2	43,1	39,2	58,9	42,7	43,0	44,9	40,8	

Apéndice XVII: Niveles de N-mineral correspondientes a cada toma y tratamiento, obtenidos como suma del N-amonio, N-nitrito y N-nitrato determinados en la extracción E.U.F. aplicada al suelo (mg. N/100 g. suelo.).

		TOMAS	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
		SEMANAS	2	4	6	8	10	12	16	20	24	28	32
RIEGO	FERT.												
	T		41,6	16,1	17,1	21,2	13,7	18,9	16,8	15,8	20,3	19,9	24,7
	NP		43,8	33,5	57,1	59,0	43,4	43,2	53,2	46,4	48,7	51,2	49,8
	N		55,9	34,5	77,3	35,6	63,4	53,7	45,2	44,6	54,3	50,4	52,5
DEST.	NAH		52,9	44,2	61,2	57,4	47,0	45,3	57,2	43,5	48,4	51,1	57,3
	NAA		69,8	42,3	54,9	53,7	54,8	51,2	57,4	43,6	47,2	68,3	58,8
	U		95,4	43,9	47,6	39,2	39,6	39,0	55,8	39,8	53,2	62,2	50,4
	UAH		53,8	53,7	60,4	35,7	38,0	37,2	53,2	45,3	50,4	48,8	45,9
	UAA		58,2	46,9	45,9	42,0	44,5	39,2	57,3	45,7	44,2	49,3	47,6
	T		21,8	13,3	12,8	14,6	13,5	14,3	16,1	14,6	17,4	17,5	17,0
	NP		37,5	33,5	38,8	26,3	40,1	45,8	39,8	42,8	40,8	49,1	43,9
	N		40,2	43,1	63,2	40,3	50,1	46,3	50,8	54,8	50,9	54,3	53,0
2500	NAH		42,2	49,0	72,9	41,0	48,2	46,8	56,7	38,9	46,2	44,0	46,8
	NAA		50,4	48,3	38,8	38,1	47,0	47,5	48,7	42,1	41,4	46,7	48,0
	U		46,3	47,5	43,8	31,4	49,6	41,7	43,1	43,8	41,9	53,0	46,1
	UAH		34,9	41,7	37,4	38,7	48,8	37,4	63,2	48,5	48,0	44,8	44,4
	UAA		46,9	44,7	39,6	41,1	42,6	47,5	48,9	44,3	47,3	44,0	47,9
	T		20,8	14,5	18,1	12,6	11,5	15,2	17,2	18,0	17,0	16,9	15,6
	NP		81,3	30,9	41,2	55,6	46,1	50,1	42,7	42,6	44,1	48,4	52,1
	N		84,7	59,2	45,7	42,4	57,6	44,0	41,6	46,2	45,0	44,1	54,1
3500	NAH		40,9	44,3	47,2	39,9	50,2	45,9	53,7	45,7	48,4	47,9	52,2
	NAA		79,9	50,4	52,4	34,6	47,7	40,8	50,8	51,8	47,2	52,0	52,3
	U		49,7	31,7	57,8	37,2	48,1	49,8	49,1	42,3	49,2	44,7	47,5
	UAH		36,6	38,8	44,2	50,3	57,4	48,0	53,3	47,4	46,2	43,7	48,2
	UAA		29,1	31,3	34,0	39,7	45,8	37,8	51,5	45,0	42,7	45,3	45,7
	T		18,5	9,8	12,2	8,4	9,4	9,9	10,2	10,7	13,1	13,6	14,4
	NP		25,7	24,3	51,4	40,9	38,8	30,5	39,7	39,9	37,4	42,1	37,3
	N		44,8	45,1	43,9	44,3	46,4	43,6	46,0	37,8	47,8	48,4	45,6
4500	NAH		38,1	38,3	47,1	39,0	41,5	38,7	50,4	43,9	47,1	45,6	41,4
	NAA		42,9	37,7	49,7	40,5	54,0	39,4	49,9	49,9	52,2	51,0	41,7
	U		38,6	29,5	38,8	42,1	53,8	41,6	49,2	40,4	40,9	40,7	41,8
	UAH		37,1	38,4	41,6	40,8	46,5	49,5	49,7	40,2	43,8	41,2	38,1
	UAA		31,7	36,5	37,6	40,2	43,0	41,9	39,0	41,5	43,2	44,7	40,7
	T		17,3	9,8	13,6	9,8	10,3	13,2	15,0	12,5	13,2	13,8	14,2
	NP		34,6	34,6	35,9	34,9	40,4	40,7	44,0	39,4	41,8	42,8	44,7
	N		32,4	50,8	36,3	43,3	41,1	50,0	48,1	43,6	44,6	51,6	46,0
7500	NAH		41,4	37,9	34,6	40,7	47,8	41,0	46,4	41,5	46,5	47,1	47,5
	NAA		36,6	32,4	40,0	38,9	42,4	37,9	50,1	42,7	44,7	45,6	48,8
	U		39,9	35,7	33,4	44,8	40,9	43,6	48,9	41,3	49,3	48,7	44,3
	UAH		43,5	47,1	43,6	37,5	42,9	47,4	46,6	38,8	45,2	43,6	42,0
	UAA		39,7	34,5	42,2	36,5	43,8	39,7	59,1	43,5	43,3	45,5	41,1

Apéndice XVIII: Niveles de N-Kjeldahl correspondientes al suelo de cada toma y tratamiento (mg. N/100 g. suelo.).

		TOMAS		
		1	V1	X1
		SEMANAS		
		2	12	32
RIEGO	FERT.			
DEST.	T	92,4	85,2	88,2
	NP	111,6	92,4	98,2
	N	98,0	91,5	100,0
	NAH	99,7	94,2	100,1
	NAA	108,7	94,2	91,0
	U	156,7	92,4	98,2
	UAH	114,2	95,5	90,9
	UAA	100,6	93,5	91,9
2500	T	95,1	84,3	89,1
	NP	104,2	92,4	93,7
	N	90,6	92,4	88,2
	NAH	94,2	94,2	91,0
	NAA	95,1	96,0	90,9
	U	103,3	93,3	93,7
	UAH	94,2	97,2	86,4
	UAA	102,4	97,9	87,3
3500	T	87,9	86,1	84,6
	NP	95,3	93,3	85,5
	N	91,5	91,5	86,4
	NAH	89,7	94,9	88,2
	NAA	92,4	88,8	96,4
	U	101,5	87,0	92,8
	UAH	103,6	91,5	91,0
	UAA	101,0	89,7	89,1
4500	T	87,8	86,2	83,7
	NP	100,6	95,5	92,8
	N	101,5	92,8	97,3
	NAH	96,9	93,7	109,5
	NAA	94,2	89,1	99,1
	U	104,4	92,8	100,0
	UAH	101,5	114,6	100,1
	UAA	96,9	107,3	99,1
7500	T	96,6	96,4	91,6
	NP	98,8	93,7	96,4
	N	92,4	111,5	92,8
	NAH	101,5	100,1	93,7
	NAA	90,6	101,0	93,7
	U	97,8	91,9	97,3
	UAH	106,0	91,0	90,0
	UAA	103,3	91,9	102,6

Apéndice XIX: Niveles de N-orgánico correspondientes a cada toma y tratamiento, obtenidos como diferencia del N-Kjeldahl y N-nitrito del suelo (mg. N/100 g. suelo.).

		TOMAS	1	VI	XI
		SEMANAS	2	12	32
RIEGO	FERT.				
	T		90,6	84,3	86,6
	NP		106,7	91,9	98,0
	N		94,5	91,5	99,9
DEST.	NAH		97,7	94,0	99,9
	NAA		103,0	93,8	90,9
	U		122,7	92,2	98,0
	UAH		105,7	95,4	90,8
	UAA		93,5	93,3	91,7
	T		94,5	84,1	88,6
	NP		102,0	92,1	93,4
	N		90,2	92,0	88,1
2500	NAH		92,1	93,9	90,7
	NAA		92,6	95,7	90,5
	U		97,7	93,2	93,1
	UAH		93,3	97,0	86,2
	UAA		98,6	97,5	87,0
	T		87,9	85,7	84,2
	NP		94,5	93,0	85,2
	N		89,6	91,3	86,2
3500	NAH		88,6	94,4	87,8
	NAA		91,5	88,4	96,0
	U		100,8	86,6	92,6
	UAH		101,1	91,2	90,7
	UAA		100,1	89,3	88,9
	T		87,0	88,0	82,9
	NP		99,8	95,2	92,2
	N		99,1	92,5	97,0
4500	NAH		94,7	93,4	109,0
	NAA		90,9	88,9	98,7
	U		100,6	92,5	99,9
	UAH		96,0	114,3	99,8
	UAA		93,2	107,0	98,6
	T		96,4	96,1	91,2
	NP		97,0	93,5	95,9
	N		91,8	111,3	92,5
7500	NAH		99,3	100,0	93,5
	NAA		89,2	100,6	93,3
	U		92,5	91,6	97,1
	UAH		99,3	90,7	89,7
	UAA		97,4	91,4	102,3

Apéndice XX: Niveles de N-total correspondientes a cada toma y tratamiento, obtenidos como suma del N-mineral y N-orgánico del suelo (mg. N/100 g. suelo.).

		TOMAS	I	VI	XI
		SEMANAS	2	12	32
RIEGO	FERT.				
	T		132,2	103,2	111,3
	NP		152,4	135,2	147,8
	N		150,3	145,2	152,4
0EST.	NAH		150,6	139,2	157,2
	NAA		172,8	145,0	149,7
	U		218,1	131,2	148,4
	UAH		159,4	132,6	136,7
	UAA		151,7	132,5	139,3
	T		116,3	98,3	105,7
	NP		139,5	137,8	137,3
	N		130,4	138,3	141,1
2500	NAH		134,3	140,7	137,4
	NAA		142,9	143,2	138,5
	U		144,0	134,9	139,1
	UAH		128,1	134,4	130,7
	UAA		145,5	145,0	135,0
	T		108,7	100,9	99,8
	NP		175,8	143,1	137,3
	N		174,3	135,3	140,2
3500	NAH		129,5	140,2	140,0
	NAA		171,5	129,2	148,3
	U		150,6	136,4	140,1
	UAH		137,7	139,3	138,8
	UAA		129,2	127,1	134,6
	T		105,5	97,9	97,2
	NP		125,5	125,7	129,5
	N		143,9	136,1	142,7
4500	NAH		132,7	132,1	150,4
	NAA		133,8	128,3	140,4
	U		139,2	134,1	141,7
	UAH		133,1	163,8	137,9
	UAA		124,9	148,9	139,3
	T		113,7	109,3	105,4
	NP		131,7	134,1	140,6
	N		124,2	161,3	138,4
7500	NAH		140,7	141,0	141,0
	NAA		125,8	138,5	142,1
	U		132,4	135,1	141,4
	UAH		142,8	138,1	131,8
	UAA		137,1	131,1	143,3

Apéndice XXI: Probabilidad de aceptación/rechazo de la hipótesis nula ($H_0 =$ medias iguales), al nivel de significación 5 %, mediante el tratamiento estadístico MANOVA de factores simples.

RIEGO / TOMA					FERTILIZANTE / TOMA					FERTILIZANTE / RIEGO		
RIEGO	COND.	NH4	NO2	NO3	FERT.	COND.	NH4	NO2	NO3	FERT.	COND.	NO3
DEST.	0,5033	0	0	0	NP	0,0154	0,9353	0,0037	0,1077	NP	0,0111	0,0001
2500	0	0,2484	0	0,0063	N	0,0029	0,9214	0,0596	0,3769	N	0,1083	0,0339
3500	0	0,5604	0	0,0063	NAH	0,0029	0,8702	0	0,1087	NAH	0,0142	0,0236
4500	0	0,0377	0,0037	0,0023	NAA	0,0233	0,3131	0,1142	0,0998	NAA	0,0256	0,0003
7500	0	0,0104	0,121	0,0023	U	0,0275	0	0	0,1358	U	0,0014	0,1514
					UAH	0,0068	0,0001	0	0,0818	UAH	0,0129	0,4208
					UAA	0,0125	0,0019	0	0,1089	UAA	0,0006	0,1374
TOMA	COND.	NH4	NO2	NO3	TOMA	COND.	NH4	NO2	NO3	RIEGO	COND.	NO3
I	0,4151	0	0	0	I	0,7627	0	0	0,0009	DEST.	0,126	0,0951
II		0,9666	0,9306	0,1131	II		0,9996	0,9892	0,0296	2500	0,3368	0,0408
III	0,9418	0,9998	0,9977	0	III	0,1014	1	1	0,0475	3500	0,0974	0,0128
IV		0,9972	0,9991	0,0945	IV		0,9996	1	0,9566	4500	0,1633	0,0684
V	0	0,999	0,9987	0,2931	V	0,4107	1	1	0,4286	7500	0,8982	0,7955
VI		0,9999	0,9945	0,7295	VI		1	1	0,8891			
VII	0	0,9999	1	0,2444	VII	0,6528	1	1	0,3393			
VIII		0,9605	0,9998	0,5781	VIII		1	1	0,9574			
IX	0	0,9998	0,7881	0,6354	IX	0,3784	1	0,7446	0,8709			
X		0,9997	0,9957	0,0534	X		1	0,9999	0,5988			
XI	0	0,9993	0,1395	0,0172	XI	0,3094	1	0,3633	0,7058			

Apéndice XXII: Probabilidad de aceptación/rechazo de la hipótesis nula ($H_0 =$ medias iguales), al nivel de significación 5 %, mediante el tratamiento estadístico MANCOVA de factores simples.

RIEGO / TOMA				FERTILIZANTE / TOMA				FERTILIZANTE / RIEGO			
RIEGO	NMIN	NORG	NTOTAL	FERT.	NMIN	NORG	NTOTAL	FERT.	NMIN	NORG	NTOTAL
DEST.	0,5013	0,7248	0,7046	NP	0,6208	0,9603	0,9587	NP	0,1475	1	0,9973
2500	0,5247	0,9688	0,856	N	0,3102	0,992	0,9901	N	0,1461	1	0,9994
3500	0,8037	0,0134	0,0041	NAH	0,0027	0,9887	0,9779	NAH	0,6359	1	0,9999
4500	0,062	0,9187	0,7043	NAA	0,4912	0,9786	0,9852	NAA	0,8398	1	0,9992
7500	0,2624	0,9047	0,6262	U	0,1001	0,0007	0,0007	U	0,6491	0,0001	0,0001
				UAH	0,2041	0,8801	0,8415	UAH	0,8462	0,9999	0,9999
				UAA	0,5021	0,927	0,8956	UAA	0,3928	1	0,9999

TOMA	NMIN	NORG	NTOTAL	TOMA	NMIN	NORG	NTOTAL	RIEGO	NMIN	NORG	NTOTAL
I	0,5176	0,0129	0,0026	I	0,5641	0,0058	0,006	DEST.	0,4082	0,9991	0,9984
II	0,357			II	0,1011			2500	0,7739	1	1
III	0,9059			III	0,8174			3500	0,175	0,0005	0,0006
IV	0,6059			IV	0,6237			4500	0,0388	1	1
V	0,291			V	0,724			7500	0,0215	1	1
VI	0,1666	0,9998	1	VI	0,7594	1	1				
VII	0,9836			VII	0,0002						
VIII	0,4675			VIII	0,2113						
IX	0,2742			IX	0,0388						
X	0,6656			X	0,0235						
XI	0,8927	0,9993	0,9914	XI	0,7854	1	1				

COVARIABLES.

NMIN NH4 , NO2 , NO3.
 NORG NH4 , NK.
 NTOTAL NH4 , NMIN , NK.

II. BIBLIOGRAFIA.

AGRAWAL, M.P.; ABHA SHUKLA; MOHAN SINGH. (1985). Nitrification inhibition of added nitrogenous fertilisers by potassium chloride in soil. *Plant and Soil.*, 86: 135-139.

ALLEN, S.E.; HUNT, C.M.; TERMAN, G.I. (1971). Nitrogen release from sulphur-coated urea as affected by coating weight, placement and temperature. *Agron. J.*, 63: 529-533.

BALIGAR, V.C.; BENNETT, O.L. (1986). NPK-fertilizer efficiency - a situation analysis for the tropics. *Fert. Res.*, 10: 147-164.

BANDYOPADHYAY, B.K.; BANDYOPADHYAY, A.K. (1983). Effect of salinity on mineralization and immobilization of nitrogen in a Coastal Saline soil of West Bengal. *Indian Agric.*, 27: 41-50.

BOLT, G.H. (1978). Surface interaction between the soil phase and the soil solution. en: G.H. Bolt and M.G.M. Bruggenwert, eds. *Soil chemistry. A. Basic Elements*. Amsterdam. Elsevier Scientific Publishing Company. 2nd ed. Developments in Soil Science 5A, pp: 43-53.

BRESLER, E.; Mc NEAL, B.L.; CARTER, D.L. (1982). *Saline and Sodic soils: Principles - Dynamics - Modeling*. vol. X. Berlin-Heidelberg, Ed. Springer-Verlag. 237 págs.

BROADBENT, F.E. (1980). *Agron. J.*, 72: 325.

BROADBENT, F.E.; CARLTON, A.B. (1978). Field trials with isotopically labelled nitrogen fertilizer. en: D.R. Nielsen; J.G. Mc Donald, eds. *Nitrogen in the environment*. New York. Ed. Academic Press. vol.I, pp.1-41.

BROADBENT, F.E.; NAKASHIMA, T. (1971). Effect of added salts on nitrogen mineralization in three California soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 35: 457-460.

CAIOZZI, M.; BORIE, G.; BAHERLE, P.; MATUS, M.; ZAMBRANO, K. (1985). Uso de algas marinas como matriz de fertilizantes de entrega lenta y acción sostenida. I. Estudio del comportamiento del sistema *Macrocystis*-fósforo. *Anal. Edaf. Agrobiol.*, 44: 1717-1726.

CAMPINO, I. (1982). *Fert. Res.*, 3: 325-336.

CEGARRA, J. (1975). *Fraccionamiento de fertilizantes orgánicos y de sus productos de humificación*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, Sección Químicas. Universidad de Murcia.

CHING-KWEILI.; RONG-YEN CHEN. (1980). Ammonium bicarbonate used as a nitrogen fertilizer in China. *Fert. Res.*, 1: 125-136.

CHRISTIANSON, C.B. (1988). Factors affecting N release of urea from reactive layer coated urea. *Fert. Res.*, 16: 273-284.

CHRISTIANSON, C.B.; CARTER, M.F.; HOLT, L.S. (1988). Mineralization and nitrification of urea-form fertilizers. *Fert. Res.*, 17: 85-95.

CLARK, R.B. (1983). Plant genotype differences in the uptake, traslocation, accumulation and use of mineral elements required for plant growth. *Plant and Soil.*, 72: 175-196.

CRUTZEN,P.J. (1983). Atmospheric interactions-homogeneous gas reactions of C, N and S containing compounds. en: B. Bolin; R.B. Cook, eds. *The mayor biogeochemical cycles and their interactions*. John Wiley and Sons, Inc. vol. XXI. pp. 67-114.

DARRAH, P.R.; NYE, P.H.; WHITE, R.E. (1987). The effect of

high solute concentrations on nitrification rates in soil. *Plant and Soil.*, 97: 37-45.

DARRAH, P.R.; WHITE, R.E.; NYE, P.H. (1986). Simultaneous nitrification and diffusion in soil. II. The effects at levels of ammonium chloride which inhibit nitrification. *Journal of Soil Science.*, 37: 41-52.

DIEZ, J.A.; CARTAGENA, M.C.; VALLEJO, A. (1991). Establishing the solubility kinetics of N in coated slow release fertilizers by means of electroultrafiltration. *Agr. Med.*, 121: 1-6.

DIMITROV, G.; RANKOV, V.; KRUSTANOV, S.; KONISHEV, P. (1977). Effect of dressing with slow-acting nitrogen lignin fertilizer on medium-early tomato productivity. *Pochvozn. Agrokhim.*, 12: 60-66.

DOWNES, R.G. (1961). Soil salinity in non-irrigated arable and pastoral land as the result of unbalance of the hydrologic cycle. en: UNESCO. *Salinity problems in the Arid Zones*. Teheran Symposium. pp. 105-110.

E.E.C. (1980). *Council directive on the quality of water for human consumption*. Official Issue 80/778, EECL229. Brussels. 111 European Economic Community.

EL SAYED AZHAR.; VAN CLEEMPUT, O.; VERSTRAETE, W. (1986). *Plant and Soil.*, 94: 401-409.

EL SAYED AZHAR.; VANDENABEELE, J.; VERSTRAETE, W. (1986). *Plant and Soil.*, 94: 383-399.

EL SAYED AZHAR.; VERHE, R.; PROOT, M.; SANDRAP, P.; VERSTRAETE, W. (1986). Binding of nitrite-N on polyphenols during nitrification. *Plant and Soil.*, 94: 369-382.

ETCHEVERS, J.D. (1987). Determinación de nitrógeno en suelos. en: A. Aguilar, J.D. Etchevers y J.Z. Castellanos, eds. *Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo*. Mexico. Sociedad Mexicana de la ciencia del suelo. Carretera México-Texoco, km. 38.5. Apto. postal n° 45. cp: 56230. Publicación especial n° 1. pp. 45-83.

EVANS, N.H. (1974). Finding knowledge gaps: The key to salinity control solutions. en: J.E. Flack; C.W. Howe, eds. *Salinity in water resources*. Boulder, Colorado. Merriman Publishing Co. Proceeding of the 15th. Annual Western Resources Conference al the University of Colorado.

FIRESTONE, M.K. (1982). Biological denitrification. en: F.J. Stevenson, ed. *Nitrogen in agricultural soils*. Madison, Wisconsin. American Society of Agronomy. pp.289-326.

FRANKENBERGER, W.T. Jr.; BINGHAM, F.T. (1982). Influence of salinity on soil enzyme activities. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46: 1173-1177.

GALLARDO-LARA, F.; MOLINA-DIAZ, A.; ESTEBAN-VELASCO, E. (1982). Estudio comparativo sobre nitrificación en un suelo de regadío frente a uno de secano. *Anal. Edaf. Agrobiol.* 41: 1325-1330.

GARCIA-SERNA, J.; SANCHEZ-ANDREU, J.; JUAREZ, M.; MATAIX, J. (1988). Incidencia de la salinidad del agua de riego en la mineralización del nitrógeno orgánico en suelos calizos del Sureste Español. *Anal. Edaf. Agrobiol.* 47: 669-682.

GOLDEN, D.C.; SIVASUBRAMANIAM, S.; SANDANAM, S.; WIJEDASA, M.A. (1981). Inhibitori effects of commercial potassium chloride on the nitrification rates of added ammonium sulphate in an acid red yellow podzolic soil. *Plant and Soil.*, 51: 147-151.

GOMAH, A.H.M.; AL-NAHID, S.I.; AMER, H.A. (1989). Nitrogen mineralization in Sludge-Amended Desert soil as affected by rate of sludge, salinity and wetting and drying cycles. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 3: 417-429.

GUPTA, I.C. (1983). Concept of residual sodium carbonate in irrigated waters in relation to sodic hazard in irrigated soils. *Curr. Agric.* 7: 97-113.

HAHN, E.B.; OLSON, F.R.; ROBERTS, J.L. (1942). Influence of potassium chloride on nitrification in Bedford silt loam. *Soil Science.*, 55: 113-121.

HAMAMOTO, M. (1966). *Pro. Fert. Soc.* 90.

HAMDALLAH, G.M.; DEVIPRASAD, J.; AL-HENDI, A.A. (1988). Crop response to sulfur-coated urea (SCU) and other N-carriers in sandy soils of Saudi Arabia. *Fert. Res.*, 15: 47-54.

HAUCK, R.D.; BREMNER, J.M. (1976). *Adv. Agron.*, 28: 219.

HAUCK, R.D.; STEPHENSON, H.F. (1964). Nitrification of triazine nitrogen. *J. Agric. Food Chem.*, 12: 147-151.

HIRST, E. *et al.* (1963). *Chem. Ind.* (London): 257.

JACOBSEN, S.; SELMER-OLSEN, A.R. (1985). Influence of heavy metal pollution on nitrogen mineralization in soils. I. Effects of lead salts. *Scientific Reports of The Agricultural University of Norway.*, 64 (8).

JANSSON, S.L. (1963). *Soil Sci.*, 95: 31.

JANSSON, S.L.; PERSSON, J. (1982). Mineralization and immobilization of soil nitrogen. en: F.J. Stevenson, ed. *Nitrogen in agricultural soils*. Madison, Wisconsin.

American Society of Agronomy. pp. 229-252.

JARRELL, W.M.; PETTYGROVE, G.S.; BOERSMA, L. (1979). Characterization of the thickness and the coatings of sulfur coated urea. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 43: 602-605.

JIMENEZ, S.; CARTAGENA, M.C.; RICO, M.I.; VALLEJO, A. (1988). Study of the behaviour of a NH_4NO_3 -Based rosin-coated fertilizer. IV. Solubility of mixed coated products - rosin-tricalcic phosphate - in soil columns. *Agrochimica*, 32: 361-368.

JIMENEZ, S.; CARTAGENA, M.C.; VALLEJO, A. (1988). Study of the behaviour of a NH_4NO_3 -Based rosin-coated fertilizer. II. Kinetics of solubility in dynamic system for mixed coated products: rosin-tricalcic phosphate. *Agrochimica*, 32: 245-252.

JIMENEZ, S.; CARTAGENA, M.C.; VALLEJO, A. (1988). Study of the behaviour of a NH_4NO_3 -Based rosin-coated fertilizer. III. Fertilizer solubility in soil columns. *Agrochimica*, 32: 253-261.

JIMENEZ, S.; CARTAGENA, M.C.; VALLEJO, A.; CASTANEDA, E. (1987). Study of the behaviour of a NH_4NO_3 -Based rosin-coated fertilizer. I. kinetics of solubility in dynamic system. *Agrochimica*, 31: 12-17.

JOHNSON, D.D.; GUENZI, W.D. (1963). Influence of salts on ammonium oxidation and carbon dioxide evolution from soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 27: 663-666.

JÜRGENS-GSCHWIND, S. (1974). Slow-release nitrogen fertilizers - Their properties and advantages. *BASF Agricultural Bulletin* 4/74.

KASTORI, R.; SARIC, M. (1975). Effect of slow-acting

nitrogen fertilizer on maize and wheat yield under the agroecological conditions of Vojvodina. *Savremena Poljoprivreda*, 23: 51-61.

KEENEY, D.R. (1982). Nitrogen management for maximum efficiency and minimum pollution. en: F.J. Stevenson, ed. *Nitrogen in agricultural soils*. Madison, Wisconsin. American Society of Agronomy. pp. 605-649.

KUMAR, V.; YADAV, D.S.; SINGH, M. (1988). Effects of urea rates, farmyard manure, CaCO₃, salinity and alkalinity levels on urea hydrolysis and nitrification in soils. *Aust. J. Soil Res.* 26: 367-374.

KUMAR, V.; WAGENET, R.J. (1985). Salt effects on urea hydrolysis and nitrification during leaching through laboratory soil columns. *Plant and Soil*, 85: 219-227.

LEGG, J.O.; MEISINGER, J.J. (1982). Soil nitrogen budgets. en: F.J. Stevenson, ed. *Nitrogen in agricultural soils*. Madison, Wisconsin. American Society of Agronomy. pp. 503-566.

LI YINGQIANG. (1987). The effects of ammonium chloride on pH and nitrification of soils. *Journal of Southwest Agricultural University*. 9: 90-96.

LOWE, K.F.; CUDMORE, J.F. (1978). A comparison of slow-release and conventional nitrogenous fertilizers for an established pangola grass pasture in a sub-tropical environment. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husbandry*, 18: 415-422.

Mc ARDLE, R.N.; Mc CLURG, C.A. (1986). Effects of sulfur-coated urea fertilizer regimes on production of processing tomatoes on a sandy loam. *Fertilizer Research*, 8: 259-262.

Mc CLUNG, G.; FRANKENBERGER, W. T. Jr. (1985). Soil nitrogen transformation as affected by salinity. *Soil Science*, 139: 405-411.

Mc CLUNG, G.; FRANKENBERGER, W. T. Jr. (1987). Nitrogen mineralization rates in saline vs. salt amended soils. *Plant and Soil*, 104: 13-21.

MENGEL, K. (1983). Responses of various crop species and cultivars to fertilization. *Plant and Soil*, 72: 305-319.

MISOPOLINOS, N.D. (1985). A new concept for reclaiming sodic soils with high-salt water. *Soil Science*, 140: 69-74.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (N.R.C.). (1978). *Nitrates: An Environmental Assessment*. Washington, D.C. National Academy of Sciences.

NEWBOULD, P. (1989). The use of nitrogen fertiliser in agriculture where do we go practically and ecologically?. *Plant and Soil*, 115: 297-311.

OERTLI, J.J. (1973). Effects of temperature, microbial activities, salinity, and pH on the release of nitrogen sulfur-coated urea. *Z Pflanzenern Düng Bodenk*, 134: 227-236.

OERTLI, J.J. (1980). Controlled-release fertilizers. *Fertilizer Research*, 1: 103-123.

OERTLI, J.J.; LUNT, O.R. (1962). Controlled release of fertilizer minerals by encapsulating membranes. I. Factors influencing the rate of release. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 26: 579-583.

PANG, P.C.; HEDLIN, R.A.; CHO, C.M. (1973). Transformation and movement of band applied urea, ammonium sulphate, and

ammonium hydroxide during incubation in several Manitoba soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 53: 331-341.

PANREAC. (1984). *Análisis de aguas*.

PARR, J.F. (1973). Chemical and biochemical considerations of maximising the efficiency of fertilizer nitrogen. *J. Environ. Quality*, 2: 75-84.

PAUL, E.A.; JUMA, N.G. (1981). Mineralization and immobilization of soil nitrogen by microorganisms. en: F.E. Clark; T. Rosswall, eds. *Terrestrial nitrogen cycles: Processes, Ecosystem Strategies and Management Impacts*. Stockholm. Ecoll. Bull. 33. pp. 179-195.

PERCIVAL, E. (1970). *The carbohydrates, chemistry and biochemistry*. W. Pingman, ed. Academic Press, 2 B: 545.

PRASAD, R.; RAJALE, G.B.; LAKHDIVE, B.A. (1971). Nitrification retarders and slow-release nitrogen fertilizers. *Adv. Agron.*, 23: 337-383.

RAMOS, C.; DOMINGO, R.; OLIVER, J. (1989). Nitrate leaching under two nitrogen fertilization managements. en: J.C. Germon, ed. *Management systems to reduce impact of nitrates*. London. Elsevier Applied Science. pp. 99-109.

RANKOV, V.; DIMITROV, G. (1980). Effect of continuous intensive fertilization on the mineralization of organic nitrogen in the soil. en: J. Szegi, ed. *Soil Biology and Conservation of the Biosphere*. Budapest. Publishing House of the Hungarian Academy of Sciences. pp. 69-75.

RAO, D.L.N. (1987). Slow release urea fertilizers - effect on floodwater chemistry, ammonia volatilization and rice growth in an alkali soil. *Fertilizer Research*, 13: 209-221.

- ROBERTSON, L.A.; KUENEN, J.G. (1984). Aerobic denitrification - old wine in new bottles?. *Antonie van Leeuwenhoek*, 50: 525-544.
- RODIER, J. (1981). *Análisis de las aguas: Aguas naturales, Aguas residuales, Agua de mar*. Barcelona. Ed. Omega, S.A. 1059 págs.
- ROSEBERG, R.J.; CHRISTENSEN, N.W.; JACKSON, T.L. (1986). Chloride, soil solution osmotic potential, and soil pH effects on nitrification. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50: 941-945.
- ROZMAN, C.; MONTSERRAT, E. (1988). Hematología. en: P. Farreras Valentí *et al. Medicina Interna*. 11^a ed., Barcelona, Ed. Doyma. vol. II. pp. 1459-1625.
- RUDELOV, Ye. V. (1982). *Soviet Soil Sci.*, 14: 40.
- RUSELL, J.D.; VAUGHAN, D.; JONES, D.; FRASER, A. R. (1983). An IR spectroscopic study of soil humin and its relationship to other soil humic substances and fungal pigments. *Geoderma*, 29: 1-12.
- RYDEN, J.C. (1983). Denitrification losses from a grassland soil in the field receiving different rates of nitrogen as ammonium nitrate. *Journal of Soil Science*, 34: 355-365.
- RYDEN, J.C. (1984). Fertilizers for grassland. *Chemistry and Industry*, 17, September 1984.
- SAEED, M. (1978). Use of sorption isotherms for evaluating the effect of leonardite on phosphorus availability in a coal mine spoil. *Sci.* 126: 157-165.
- SANNIGRAHI, A.K.; MANDAL, L.N. (1987). Mineralization of slow release nitrogenous fertilizers in soils. *J. Ind. Soc.*

Soil Sci., 35: 10-18.

SAVANT, N.K.; JAMES, A.F.; Mc CLELLAN, G.H. (1983). Urea release from silicate - and polymer - coated urea in water and simulated wetland soil. *Fertilizer Research*, 4: 191-199.

SCOTT, N.M.; FRASER, A.R.; RUSELL, J.D. (1983). Ammonia-treated vermiculite - an efficient controlled - release nitrogenous fertiliser for a variety of crops. *Journal Science Food Agriculture*, 34: 233-238.

SHIMIZU, T. (1986a). Studies on the use of hydantoin-related compounds as slow release fertilizers. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 32: 373-382.

SHIMIZU, T. (1986b). Five-membered ring heterocyclic compounds as nitrification inhibitors. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 32: 255-264.

SHIMIZU, T. (1987). Glycoluril as a slow release nitrogen fertilizer. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 33: 291-298.

SHELDRIK, W.F. (1987). *World Nitrogen Survey*. Industry and Finance Series, vol. XX. Washington, D.C. World Bank Technical Paper, No. 59. 227 págs.

SINDHU, M.A.; CORNFIELD, A.H. (1967). Comparative effects of varying levels of chlorides and sulphates of sodium, potassium, calcium and magnesium on ammonification and nitrification during incubation of soil. *Plant and Soil*, 27: 468-472.

SINGH, B.; BAJWA, M.S. (1986). Studies on urea hidrolisis in salt affected soils. *Fertilizer Research*, 8: 231-240.

SKOGLEY, E.O.; DAWSON, J.E. (1963). Synthetic ion-exchange

resins as a medium for plant growth. *Nature*, 198: 1328.

SPIEGEL, Y.; KAFKAFI, U.; PRESSMAN, E. (1988). Evaluation of a protein-chitin derivative of crustacean shells as a slow-release nitrogen fertilizer on chinese cabbage. *Journal of Horticultural Science*, 63: 621-627.

STEVENSON, F.J. (1986). The nitrogen cycle in soil: Global and ecological aspects. en: *Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients*. New York. John Wiley & Sons, Inc. pp. 106-154.

SYERS, J.K., et al. (1987). *Pro. Fert. Soc.*, 264.

TAL, M. (1985). Genetics of salts tolerance in higher plants: theoretical and practical considerations. *Plant and Soil*, 89: 199-226.

TESTER, C.F.; PARR, J.F. (1983). Decomposition of sewage sludge compost in soil: IV. Effect of indigenous salinity. *Journal of Environmental Quality*, 12: 123-126.

VAUGHAM, D.; ORD, B.G. (1985). Soil organic matter - A perspective on its nature, extraction, turnover and role in soil fertility. en: D. Vaugham; R.E. Malcolm, eds. *Soil organic matter and biological activity*. Development in Plant and Soil Sciences, vol. 16. Dordrecht, Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers. pp. 2-35.

VOSE, P.B. (1982). Effects of genetic factors on nutritional requirements of plants. en: P.B. Vose; S.G. Blixt, eds. *Crop breeding-contemporary bases*. New York. Pergamon Press. pp. 67-114.

VOSE, P.B. (1983). Rationale of selection for specific nutritional characters in crop improvement with *Phaseolus vulgaris* L. as a case study. *Plant and Soil*, 72: 351-364.

WALSH, L.M. (1978). Delayed release fertilizers. *Bull. Nat. Fert. Dev. Center, Tennessee Valley Authority J. Y-131*: 69-78.

WESTERMAN, R.L.; KURTZ, L.T. (1972). *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 36: 91.

WESTERMAN, R.L.; TUCKER, T.C. (1974). Effect of soil nitrogen-15 labelled ammonium chloride on mineralization of soil nitrogen, nitrification and immobilization. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 38: 602-605.

YAALON, D.H. (1963). The origin and accumulation of salts in groundwater and in soils of Israel. *Bull. Res. Coun. Isr. 11 G*: 105-131.

YARON, B.; DANFORS, E.; VAADIA, Y. (1969). *Irrigation in arid zones*. The Royal Institute of Technology, Department of Land Improvement and Drainage, Stockholm (Sweden), and The Volcani Institute of Agricultural Research, Department of Soils and Water, Beit Dagan (draft ed.).

YEOH, C.S.; SOONG, N.K. (1977). Natural rubber-based slow-release fertilizers. *J. Rubber Research Inst. Malaysia*, 25: 1-8.

ZAPOROZEC, A. (1983). Nitrate concentrations under irrigated agriculture. *Environ. Geol.*, 5: 35-38.

RESUMEN.

La sensibilización social creciente acerca de todas aquellas actividades humanas que puedan perjudicar nuestro entorno medioambiental, tiene la consecuencia lógica de que la sociedad moderna se plantee como una verdadera necesidad la investigación y desarrollo de medidas correctoras y de alternativas menos agresivas con la naturaleza que nos rodea.

Esta realidad afecta, indiscutiblemente, a tareas tan necesarias, y en apariencia tan simples, como la fertilización y el riego, destacando en particular aquellos aspectos derivados de la fertilización nitrogenada y de la salinidad del agua de riego.

La baja eficacia de los fertilizantes nitrogenados convencionales, que suele oscilar entre el 33 y 50 %, unido a la escasa calidad de las aguas destinadas al riego, a causa de su creciente demanda y lo limitado de nuestros recursos hídricos, puede desencadenar consecuencias nada deseables sobre la producción agrícola y, en último extremo, sobre la población.

La manifiesta importancia de estos aspectos hace indiscutible la necesidad de profundizar en su conocimiento, desarrollando compuestos nitrogenados que liberen sus nutrientes de forma lenta y controlada, y determinando la influencia que la calidad del riego aportado ejerce sobre esta liberación.

El presente trabajo constituye la materialización experimental de esta necesidad, y su finalidad es la de aportar nuevas perspectivas que contribuyan a resolver definitivamente esta problemática.

Para su consecución se eligieron dos fertilizantes nitrogenados comerciales solubles: Nitrofoska (N) y urea (U), a los que se distribuyó en superficie dos compuestos orgánicos distintos: ácidos húmicos (AH) y ácido algínico (AA), obteniendo de esta forma los fertilizantes: Nitrofoska con

ácidos húmicos (NAH), Nitrofoska con ácido algínico (NAA), urea con ácidos húmicos (UAH) y urea con ácido algínico (UAA), cuyos comportamientos se comparan con el que presente el fertilizante de liberación lenta Nitrofoska Permanent.

Inicialmente se evalúa la eficacia de los nuevos fertilizantes desarrollados mediante el empleo del sistema de Electroultrafiltración (E.U.F.), y bajo las directrices del método descrito por Díez et al. (1991).

Las conclusiones a que se llega son muy alentadoras ya que, efectivamente, la liberación de nitrógeno por el fertilizante experimenta, en todos los casos, un retardo como consecuencia del aporte superficial de ácidos húmicos y de ácido algínico a que se han sometido.

A continuación se estudia su comportamiento en el suelo y bajo la influencia de riegos constituidos por disoluciones de NaCl de distinta conductividad: Agua destilada, 2500, 3500, 4500 y 7500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

El estudio estadístico de los resultados obtenidos en esta etapa revela que la conductividad de los riegos es determinante en el comportamiento de los fertilizantes en el suelo, y los clasifica en tres categorías: Agua destilada, salinidad moderada: 2500 y 3500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y alta salinidad: 4500 y 7500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La salinidad moderada favorece la mineralización del nitrógeno, los riegos de alta salinidad perjudican notablemente a la estructura del suelo y, en general, los cuatro riegos salinos favorecen la pérdida de nitrógeno del medio.

En definitiva, las conclusiones alcanzadas satisfacen el doble objetivo perseguido al plantear esta investigación; permiten concretar aún más la influencia y consecuencias de la salinidad del riego sobre los procesos que constituyen el ciclo del nitrógeno y, lo que es más importante, establecen la base de nuevas perspectivas en el desarrollo de fertilizantes nitrogenados de liberación lenta.