

ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA
INDUSTRIAL - AGRÍCOLA - INFORMÁTICA
Adscrita a la Universidad de Zaragoza

LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA (Zaragoza)

PROYECTO:

**UTILIZACIÓN DEL E.F.P.
COMO FERTILIZANTE DEL
MAÍZ**

Nº: H.202.18

Realizado por:

ANA REMÓN DEITO

SEPTIEMBRE 2000

AGRADECIMIENTOS

A la Estación Experimental de Aula Dei por prestarme sus instalaciones y materiales.

Al Dr. D. Emilio Monge, Científico del CSIC, director de este trabajo, por su colaboración y paciencia en la realización de este trabajo.

A D. Angel Alvarez, colaborador de este proyecto, por su amistad e interés mostrado en todo momento.

A Asunción Costar y todas las demás personas del Departamento de Maíz por su apoyo y ayuda prestada en las laboras de campo.

A Pili Heredero por todas las horas que me ayudo en el laboratorio.

A todas las personas del Departamento de Nutrición Vegetal.

Al personal de la Casa de Labor.

Al Laboratorio Agroambiental, por la realización de los análisis de suelo.

A Bea, Raquel y Susana, que me han tenido que aguantar todo este tiempo.

A todas las personas que no han sido nombradas pero que por un motivo u otro han ayudado a llevar a cabo el presente trabajo.

Especialmente he de agradecer a mi familia la ayuda, apoyo y ánimo que siempre me han dado.

Por último, a Dña. Cristina Tejero, profesora de la E.U.P.L.A, que fue quien me ofreció este Trabajo.

Existe legislación pertinente en nuestra Comunidad Autónoma sobre la aplicación de residuos como fertilizante para la agricultura, basada fundamentalmente en su contenido de nitrógeno. La aplicación irracional, mediante dosis excesivas, produce contaminación en:

- *Agua-suelo*
- *Atmósfera*
- *Cultivo*
- *Nitrógeno liberado en el ciclo productivo*
- *Nitrógeno lixiviado*

El objetivo principal de este Trabajo Final de Carrera ha sido evaluar el efecto fertilizante del Estiércol Fluido Porcino en diferentes dosis, comparándolo con un abono mineral tradicional en un cultivo de maíz.

Para realizar este trabajo se ha estudiado:

- *Conocimiento del ritmo de liberación de nitrógeno a partir del purín.*
- *La cantidad de nitrógeno absorbido por el cultivo a través del efecto sobre la vegetación y la producción.*
- *Cuantificación de las pérdidas de nitrógeno por lixiviación con el agua de riego.*
- *Comparación del efecto del purín en los aspectos ya citados con la aplicación de fertilizante mineral.*
- *Elevar la relación C/N del purín y tener una idea del efecto que esto produce.*
- *Análisis del rendimiento del cultivo en relación al tratamiento de fertilización.*
- *Finalmente se pretende obtener unas pautas de utilización del E.F.P. como fertilizante.*

INDICE

1. INTRODUCCIÓN

1.1 PURÍN PORCINO.....	1
1.1.1 Introducción al sector porcino	1
1.1.2 El Estiércol Fluido Porcino.....	2
1.1.2.1 Definición.....	2
1.1.2.2 Problemática del purín	3
1.1.2.3 Eliminación de los purines	4
1.1.3 El E.F.P. como fertilizante.....	5
1.1.4 Composición mineral del estiércol	7
1.1.5 Normativa actual.....	9
1.2 GENERALIDADES SOBRE EL MAÍZ	11
1.2.1 Importancia económica del maíz.....	11
1.2.1.1 A nivel Mundial.....	11
1.2.1.2 A nivel Europa	13
1.2.1.3 España	14
1.2.1.4 Aragón	16
1.2.2 Requerimientos culturales y nutritivos del cultivo	18
1.2.3 Morfología de la planta.....	22
1.3 FERTILIZACIÓN	25
1.3.1 Fertilizantes	25
1.3.2 Carencias nutritivas	29
1.3.3 Nitrógeno	32
1.3.3.1 Papel del nitrógeno en la planta	32
1.3.3.2 Asimilación del nitrógeno.....	33
1.3.3.3 El nitrógeno en el suelo	34
1.3.3.4 Ciclo del nitrógeno	34
1.3.3.5 Conclusiones practicas	37
1.3.4 Otros elementos	38

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO.....	40
2.1.1 Localización del ensayo.....	40
2.1.2 Diseño experimental.....	40
2.1.2.1 Ensayo de Contenedores.....	40
2.1.2.2 Ensayo de Campo.....	43
2.2 MATERIAL.....	45
2.2.1 Material vegetal.....	45
2.2.2 Fertilizante.....	45
2.2.2.1 Aplicación del purín.....	46
2.2.2.2 Abonado mineral.....	48
2.2.3 Manejo de los ensayos.....	48
2.2.3.1 Manejo del ensayo en contenedores.....	48
2.2.3.2 Manejo de los ensayos en el campo.....	51
2.3 METODOS.....	55
2.3.1 Caracterización morfológica.....	55
2.3.1.1 Caracteres de plántula.....	55
2.3.1.2 Caracteres de planta.....	56
2.3.1.3 Caracteres de mazorca y grano.....	57
2.3.2 Determinación de la producción.....	58
2.3.2.1. Caracteres de rendimiento.....	58
2.3.2.2 Caracteres de biomasa.....	59
2.3.3 Otras determinaciones.....	60
2.3.3.1 Control de lixiviado.....	60
2.3.3.2 Control de la temperatura del suelo.....	61
2.4 TÉCNICAS ANALÍTICAS.....	63
2.4.1 Análisis de hojas.....	63
2.4.1.1 Preparación de las muestras.....	63
2.4.1.2 Absorción atómica.....	64
2.4.1.3 Análisis de nitrógeno.....	64
2.4.2 Análisis de lixiviado.....	65
2.4.2.1 Recogida de las muestras.....	65

2.4.2.2	<i>Preparación de las muestras</i>	65
2.4.2.3	<i>Electroforesis capilar</i>	66
2.4.3	Muestreo de suelo	69
2.5	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS	70
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
3.1	DESCRIPCIÓN DE LAS PARCELAS	71
3.1.1	Contenedores para el estudio del lixiviado	71
3.1.2	Ensayo de campo	72
3.2	CARACTERIZACIÓN DEL AGUA	74
3.3	DATOS CLIMATOLÓGICOS	76
3.4	CARACTERIZACIÓN DEL PURÍN	77
3.5	CARACTERES MORFOLÓGICOS	79
3.5.1	Ensayo en contenedores	79
3.5.1.1	<i>Caracteres de plántula</i>	79
3.5.1.2	<i>Caracteres de planta</i>	85
3.5.1.3	<i>Caracteres de mazorca y grano</i>	88
3.5.2	Ensayo de campo	91
3.5.2.1	<i>Caracteres de plántula</i>	91
3.5.2.2	<i>Caracteres de planta</i>	98
3.5.2.3	<i>Caracteres de mazorca y grano</i>	102
3.6	DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	106
3.6.1	Contenedores para el estudio del lixiviado	106
3.6.1.1	<i>Caracteres de rendimiento</i>	106
3.6.1.2	<i>Caracteres de biomasa</i>	108
3.6.2	Ensayo de campo	112
3.6.2.1	<i>Caracteres de rendimiento</i>	112
3.6.2.2	<i>Caracteres de biomasa</i>	116
3.7	OTRAS DETERMINACIONES	122
3.7.1	Control de lixiviado	122
3.7.2	Control de la temperatura del suelo	122
3.8	ANÁLISIS DE HOJAS	124

3.8.1	Contenedores para el estudio del lixiviado.....	124
3.8.1.1	<i>Análisis de macronutrientes</i>	124
3.8.1.2	<i>Análisis de micronutrientes</i>	126
3.8.2	Ensayo de campo	127
3.8.2.1	<i>Análisis de macronutrientes</i>	127
3.8.2.2	<i>Análisis de micronutrientes</i>	129
3.9	ANÁLISIS DE LIXIVIADO.....	130
3.10	ANÁLISIS DE SUELO.....	154
3.10.1	Ensayo de contenedores.....	154
3.10.2	Ensayo de campo	158
4.	CONCLUSIÓN	
4.1	ENSAYO DE CONTENEDORES.....	159
4.2	ENSAYO DE CAMPO	160
5.	BIBLIOGRAFÍA	

1. INTRODUCCIÓN

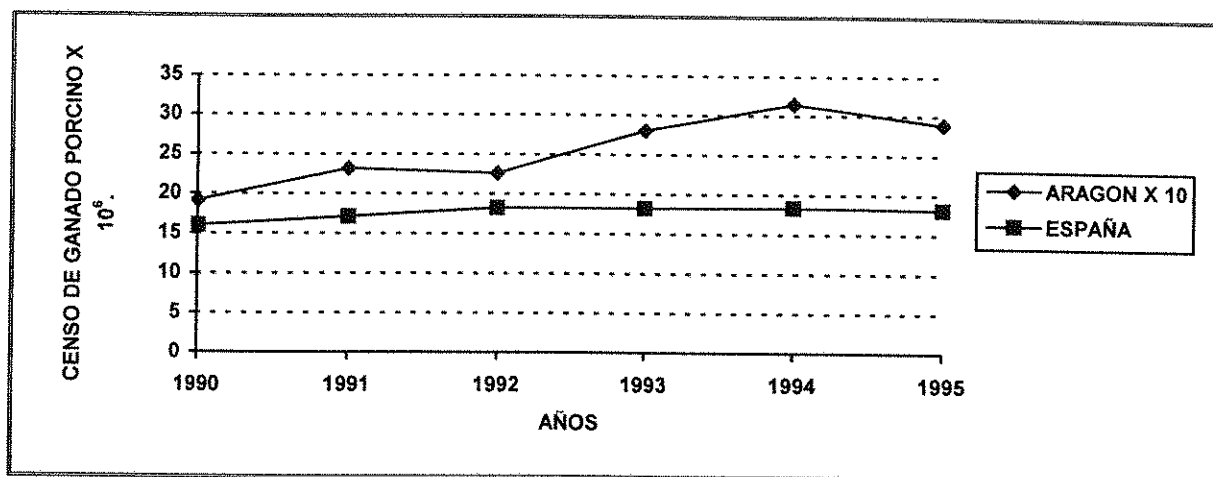
1.1 PURÍN PORCINO

1.1.1 Introducción al sector porcino.

El porcino es uno de los sectores que ha tenido un mayor crecimiento en España durante la última década. Esto ha supuesto pasar de una producción de 1,7 millones de carne a 2,7 millones para lograr actualmente un censo total de 21 millones de cabezas. España ha pasado a ser el segundo país productor de porcino de la Unión Europea, solamente por detrás de Alemania (Pulso Agrario, 2000).

En España, la carga ganadera se concentra en determinadas regiones como Cataluña, Aragón, Castilla-León, etc., ocasionando una grave problemática de acumulación de residuos.

FIGURA 1. Evolución de los censos de ganado porcino en Aragón y España en millones de animales (Anuario Estadístico de Aragón, DGA 1997).



Tomando como zona de estudio de este problema Aragón y ateniéndonos al último censo publicado sobre su porcino, esta cabaña ganadera está formada por un total de 3.200.000 cabezas, repartidas en unas 7.000 explotaciones concentradas en 30 de los 488 municipios de los que hay granjas, y este censo continúa con una progresión constante (Monge, 2000).

CUADRO 1. *Distribución de efectivos de ganado porcino por provincias (Anuario Estadístico de Aragón). Datos de 1998.*

PROVINCIA	TOTAL DE ANIMALES
HUESCA	1.795.260
TERUEL	549.793
ZARAGOZA	833.659
ARAGÓN	3.178.712

1.1.2 El Estiércol Fluido Porcino.

1.1.2.1 Definición.

El cerdo es un animal que produce deyecciones con una alta carga contaminante, y constituye un problema cada vez más grave por los problemas de acumulación. Estos residuos (heces y orina), junto con el agua procedente de bebederos, de limpieza y lluvia, junto a los restos de alimentos y del propio animal (pelos, pezuñas, etc.) es recogido en unas fosas, formando una mezcla líquida que se la denomina **Estiércol Líquido de Porcino (EFP) o Purín**.

Según Ediporc (Dossier de 1998), el purín puede describirse como un residuo de color marrón-negro, con una altísima carga orgánica, biológicamente activo, con alto contenido salino y propiedades fertilizantes del suelo debidas a su materia orgánica y a sus nutrientes minerales. Sin embargo, Orús (1993), prefiere utilizar la denominación de “estiércol fluido” o “estiércol líquido”, para designar este subproducto ganadero, ya que le parecen más adecuadas como equivalentes del término francés “lisier”, o inglés de “slurry”, considerando que el significado popular de purín no se corresponde con la definición que recoge el Diccionario de la Real Academia Española (Purín: parte líquida que rezuma el estiércol).

1.1.2.2 Problemática del purín.

Como se recoge en su definición, el E.F.P. es una mezcla de sales minerales que en su composición presenta:

- 1.- Elevada concentración de nitrógeno. Gran parte de este nitrógeno se encuentra en forma de amonio y puede volatilizarse, con la consiguiente contaminación atmosférica. Si se reduce el volumen, la concentración de amonio incrementa y será más fácil la contaminación.
- 2.- Contaminación de las aguas freáticas por nitratos. El exceso de nitrógeno, en su mayor parte en forma de ion nitrato muy soluble y fácilmente transportable, es conducido con los excedentes de agua hacia los cauces de agua superficiales y/o subterráneos, aumentando la concentración de este ión en los mismos. Además el enriquecimiento en nutrientes, fundamentalmente nitrógeno y fósforo, de las aguas superficiales produce el proceso denominado eutrofización que consume oxígeno disminuyendo por lo tanto la cantidad de oxígeno disuelto en el agua necesario para la vida de otros organismos como los peces.
El proceso de incorporación del nitrato a los acuíferos es lento pero continuo, y depende de la disponibilidad de agua, la velocidad de movimiento de la misma en el suelo y la profundidad del acuífero (Orús y cia., 1997).
- 3.- Acumulación de fósforo y potasio en los puntos de eliminación del purín, por la fuerte capacidad de cambio, especialmente el fósforo.
- 4.- Contenido en metales y sales solubles. El cadmio es uno de los metales pesados más peligrosos debido a su gran movilidad y a la pequeña concentración a la que empiezan a mostrarse sus efectos tóxicos en la planta (Barceló y Poschemieder, 1992). El níquel tiene gran incidencia en el metabolismo del nitrógeno de las plantas, con efectos positivos a bajas concentraciones y toxicidad a concentraciones mayores (Brown et al.; 1987). El cromo es un metal pesado producido por la industria que no se encuentra usualmente en el sistema suelo-planta (Bartlett y James, 1988). El cobalto se encuentra dentro del grupo de los doce metales más frecuentemente descargados en los procesos industriales (Jones y Jarvis, 1981).
- 5.- Mal olor. Producido por las emanaciones gaseosas (H_2S , H_3N , cresoles, etc.).
- 6.- Gran volumen a transportar. Debido al gran volumen de residuo que generan estos animales. Hay que tener en cuenta que cada animal produce unos 5-6 l/día.

La carga de purín depende del tipo de animal, según sea de gestación, maternidad, lechones, recría, etc., pero tomando como producción media 6 litros/día, en Aragón se produce aproximadamente al año 6.665.000 m³ de purín (Monge, 2000).

CUADRO 2. *Estimación del volumen de E.F.P. en Aragón: 1996-1998.*

	1996		1998	
	Nº cabezas	Volumen EFP (m ³)	Nº cabezas	Volumen EFP (m ³)
Lechones	819.043	311.236	1.013.572	385.157
Cerdos de engorde	2.418.470	4.464.919	1.888.193	3.837.148
Cerdas de cría	331.087	1.575.974	276.947	1.318.268
Total	3.568.600	6.352.129	3.178.712	5.540.574

Fuente: Anuario Estadístico de Aragón (1997 y 1999).

Los purines hasta hace unos años no constituía un gran problema, con el tipo de explotaciones de entonces, los residuos eran absorbidos para usos agrícolas en zonas cercanas o circundantes. Sin embargo, en los últimos años con las explotaciones intensivas, esto es más complicado y la preocupación por el destino que se dé a estos productos va en aumento tanto por el incremento en los últimos años del censo porcino, como por los riesgos que entraña su eliminación para el medio ambiente.

1.1.2.3 Eliminación de los purines.

Existen diferentes tratamientos para la eliminación de purines: métodos físicos basados en la separación de sólido – líquido, que se pueden realizar por gravedad o de forma mecánica; métodos físico – químicos, por evaporación, filtración y procedimientos mixtos (sist. Orca, sist. Biopurín, ...) y métodos biológicos con depuración biológica, por digestores o Compostaje (Lobera, 1996).

En Aragón, segunda Autonomía con mayor censo porcino, donde los purines constituyen un grave problema medio ambiental, se han construido tres tipos de plantas para su manejo, con distintos tratamientos de purines:

- Mediante lagunaje y canales fotosintéticos.
- Con tratamientos físico – químicos.
- Compostaje (los purines se mezclan con restos de pollo).

Actualmente, las tres plantas piloto están cerradas por la inviabilidad económica de estos métodos de tratamiento. Pero están en funcionamiento otras plantas de cogeneración en Villanueva de Gállego y Caspe, se trata de un sistema sencillo a simple vista. Los ganaderos llevan el purín hasta la planta. Allí, este residuo pasa por una serie de procesos de deshidratación por calentamiento hasta que alcanza una temperatura de 530 °C. El vapor generado mueve unas turbinas y tiene lugar la cogeneración, produciendo energía eléctrica que se evacua a la red. Tras el proceso, tan solo queda un 4% de lo que entró en las máquinas. Este residuo final se utiliza como abono en viveros y campos de cultivo.

Otra alternativa para su reciclaje, es su **aplicación racional en agricultura** como fertilizante, ya que contiene nutrientes que son utilizados por las plantas. La utilización del estiércol fluido porcino (EFP) como fertilizante, actualmente parece ser el método más sencillo, económico y racional de eliminarlo. Para su eliminación como fertilizante se pueden realizar distintos tipos de tratamiento, o bien añadirlo directamente al suelo.

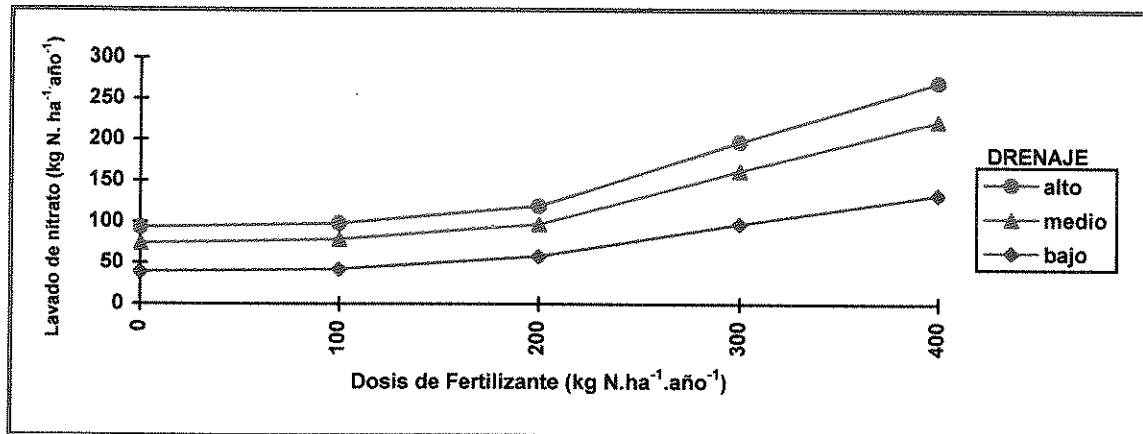
1.1.3 El EFP como fertilizante.

El valor agronómico del EFP es debido a todos los elementos fertilizantes que contiene, no únicamente al nitrógeno, fósforo y potasio, sino a otros macroelementos como azufre, magnesio y microelementos que son aportados en cantidades suficientes para prevenir posibles deficiencias en la planta.

El efecto fertilizante del EFP depende, además de la cantidad que se añade al suelo, de la forma en que se aporta. Estas aportaciones de purines a los terrenos agrícolas no debe ser masiva ni incontrolada (Danes et al., 1995). Así, si la aplicación es correcta y en el momento oportuno se evita la pérdida de nitrógeno hacia la atmósfera y la pérdida de nutrientes hacia otros puntos del medio, ya que el principal riesgo en su aplicación al suelo es la lixiviación o lavado del nitrato,

pudiendo llegar hasta aguas freáticas que circulan más bajo de la zona radicular. Este proceso es el que produce la contaminación de las aguas subterráneas por nitrato, ya que en general, una vez que éste deja de estar al alcance de las raíces, esta forma de nitrógeno continúa su movimiento descendente hacia los acuíferos sin apenas ninguna transformación química o biológica.

FIGURA 2. Lixiviación de nitrato en función de la dosis de fertilizante nitrogenado y de volumen de drenaje en un cultivo de maíz en California (Pratt, 1984).



Debemos tener en cuenta, por tanto, las necesidades de los cultivos en nutrientes y su capacidad para soportar los posibles elementos no deseados que también contenga el estiércol y los purines. Asimismo hay que tener en cuenta las características propias del terreno y de su perfil a fin de evaluar los posibles riesgos de contaminación tanto del mismo terreno como de las aguas superficiales y subterráneas que puedan discurrir por la finca (Morell, 1996).

La aplicación de purines al suelo presenta considerables ventajas desde diferentes puntos de vista. En primer lugar, permite poner a disposición de las plantas una cantidad importante de nutrientes, cuya absorción representa un reciclado que impide la contaminación del suelo. Desde un punto de vista global supone un ahorro en abonos minerales y el impacto sobre el medio ambiente puede ser evitado si el reciclaje de los nutrientes queda asegurado al equilibrar aportes y salidas (Vega, 1996). El purín también presenta algunas ventajas respecto a los abonos minerales, contribuye a mejorar la estructura física de los suelos, facilita una lenta y progresiva liberación de los elementos nutritivos naturales contenidos en el suelo y mejora la retención de agua por las tierras (Llanos, 1984).

Los criterios a seguir en la evaluación de un terreno para la aplicación de purines son varios: la conductividad hidráulica, pendiente, erosión, profundidad del suelo, presencia de elementos gruesos, etc. (USDA, 1991).

Flotats y cols. 1995 han desarrollado un plan de aplicación de purines que además contempla los siguientes aspectos:

- Momento de aplicación: preferentemente, aprovechando aquellos momentos del año en que el suelo esté más seco, con el objeto de que la aplicación de purín se absorba mejor y el riesgo de percolación más allá de la zona de las raíces sea mínimo.

- Dosis de aplicación: conviene ajustar los aportes a una dosis agronómica que permita disminuir el riesgo de la degradación de suelos y aguas.

- Formas de aplicación: se recomienda que siempre se incorpore el purín inyectado o enterrado.

- Distancia de los cursos de agua: nunca se deben aplicar purines a una distancia inferior a 10 metros de los cursos de agua.

1.1.4 Composición mineral del estiércol.

Para poder aportar correctamente este subproducto como fertilizante es necesario conocer la composición de los elementos fertilizantes.

La composición química de los purines (contenido en agua, nitrógeno, fósforo y metales pesados) es variable en función del tipo de explotación. Por un lado variará en función de si es de: (La Vola, 1998).

- Engorde
- Ciclo cerrado
- Maternidad
- Destete

Por otro lado variará en función del manejo y las características de las instalaciones:

- Sistema de limpieza
- Sistema de alimentación
- Ventilación de la instalación

- Sistema de recogida de aguas pluviales

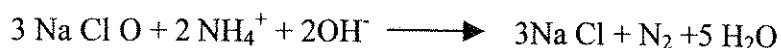
El peso específico del purín varía entre 1,01 y 1,03 Kg/l, por lo que la concentración de los elementos minerales que entran en su composición se puede expresar como Kg/tm, g/Kg o Kg/m³ (Monge, 2000).

CUADRO 3. *Composición media del estiércol fluido porcino en relación a su ciclo reproductivo (Almajano, 1998).*

	N	P	P ₂ O ₅ (U.F.)	K	K ₂ O (U.F.)
CEBADEROS	5,95	5,27	12,07	3,64	4,40
CICLOS CERRADOS	4,28	3,18	7,28	2,76	3,34
MATERNIDAD	3,40	1,81	4,14	3,31	4,00

U.F.: Unidades fertilizantes.

Para conocer la composición del estiércol que se aplica se pueden realizar análisis directos “in situ”, tomando muestras de cada cuba antes de aplicar. Los métodos de campo, aunque no tan precisos y exactos como los que se obtiene en los laboratorios analíticos, se basan en su rapidez. Para el nitrógeno existen una serie de aparatos (Nitrogenometer, Quantonfix, Agros, etc.) que nos permiten determinar el nitrógeno amoniacal y otras formas fácilmente oxidables, basados en atacar el amonio procedente de la urea con sal (hipobromito o hipoclorito, etc.) y determinar el volumen de N₂ formado.



El purín porcino contiene gran cantidad de nitrógeno, del cual el 70-80 % es inorgánico, la mayoría en forma amoniacal, aunque la reserva de N-orgánico también es importante. Debido a este elevado valor residual, debe calcularse la dosis a aplicar en el suelo, para que no se produzcan efectos perjudiciales en la planta y evitar riesgos de contaminación por concentraciones residuales de años precedentes (Lema, 1998). La eficiencia del nitrógeno no se conoce con exactitud y se han propuesto dos teorías que le asignan un aprovechamiento en el año de aplicación de:

-Un 29-30%, si se aplica en otoño, a un 58-60% si se aplica en primavera (Heduit, 1985).

-Un 75%, independientemente de la época de aplicación, y el resto queda disponible en el suelo para los años subsiguientes (Pratt, 1984).

El fósforo y el potasio contenidos en el purín son directamente asimilables por los cultivos en el año de la aplicación.

1.1.5 Normativa Actual.

Hoy por hoy no existe, todavía, una legislación específica para la gestión de las deyecciones ganaderas, aspecto que dificulta la gestión de estos subproductos y el conocimiento de las normas vigentes que nos afectan.

La Ley de Aguas 29 / 1985, de 2 de agosto, aborda el tema de los purines indirectamente y negativamente, dado que considera como infracción administrativa menos grave o grave, el vertido no autorizado de aguas residuales susceptible de deteriorar la calidad del agua.

La protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias ha sido objeto de una directiva comunitaria, con fecha 12 de diciembre de 1991, Directiva 91/676/CEE, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos en la agricultura. Esta directiva ha sido traspuesta al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 261/1996, de 16 de Febrero, y a la legislación aragonesa con la publicación del Código de Buenas Prácticas Agrarias, Decreto 77/1997, de 27 de Mayo.

A través de esta normativa se intenta proteger las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de la agricultura, imponiendo a los Estados miembros la obligación de identificar las aguas que se hallan afectadas por este tipo de contaminación y establecer criterios para designar como zonas vulnerables aquellas superficies territoriales cuyo drenaje da lugar a la contaminación por nitratos. Se considera zona vulnerable cuando la concentración de nitratos en sus aguas supera los 50 mg/l.

Este conjunto de normas, y los planes que se dictan para las zonas vulnerables ya designadas, afectan directamente a las aplicaciones orgánicas, que quedan limitadas en función de su contenido de nitrógeno.

La fertilización apropiada, según señala el Código de Buenas Practicas Agrarias consiste en el mantenimiento de los niveles óptimos de nutrientes en el suelo a lo largo del tiempo, pero existen una serie de factores que hay que considerar siempre que se utilice E.F.P. como fertilizante.

En primer lugar hay que proteger los cultivos, debido a que el purín tiene:

- Una composición variable y desequilibrada en función de la especie, edad, sistema de explotación y alimentación.

- Su eficacia como fertilizante es relativamente menor que los abonos inorgánicos (N = 60-80%; P \geq 50% y K =100%).

- Existen además otros factores que se deben tener en cuenta, como el exceso de nitrógeno que ocasiona retraso en la maduración e intoxicación radicular, el exceso de fósforo que incrementa las carencias de otros elementos, o el posible incremento de la salinidad.

- Pueden asimismo aparecer fenómenos de antagonismo o sinergismo entre nutrientes.

En segundo lugar hay que controlar algunas condiciones ya que hay algunas consecuencias medio ambientales no deseadas, que pueden darse en un mal manejo, como son las escorrentías de los campos, la eutrofización de las aguas, acumulación de metales pesados en el suelo, erosión del suelo; inconvenientes que las buenas prácticas agrícolas pueden minimizar.

La Directiva Comunitaria 91/156/CEE, del Consejo, de 18 de marzo de 1991 por la que se modifica la Directiva 75/442/CEE, del Consejo, de 15 de julio de 1975, y transpuesta a la legislación española en la nueva Ley de Residuos 10/1998, de 21 de abril, incorpora en su redactado claras referencias a las deyecciones ganaderas.

Así nos encontramos que el art. 2.2c) incluye a las deyecciones ganaderas como residuo, aunque quedan excluidas de la ley cuando se utilicen en el marco de las explotaciones agrarias y cumplan lo que disponga la legislación sectorial sobre la gestión de las deyecciones ganaderas (próxima a su publicación).

1.2 GENERALIDADES SOBRE EL MAÍZ

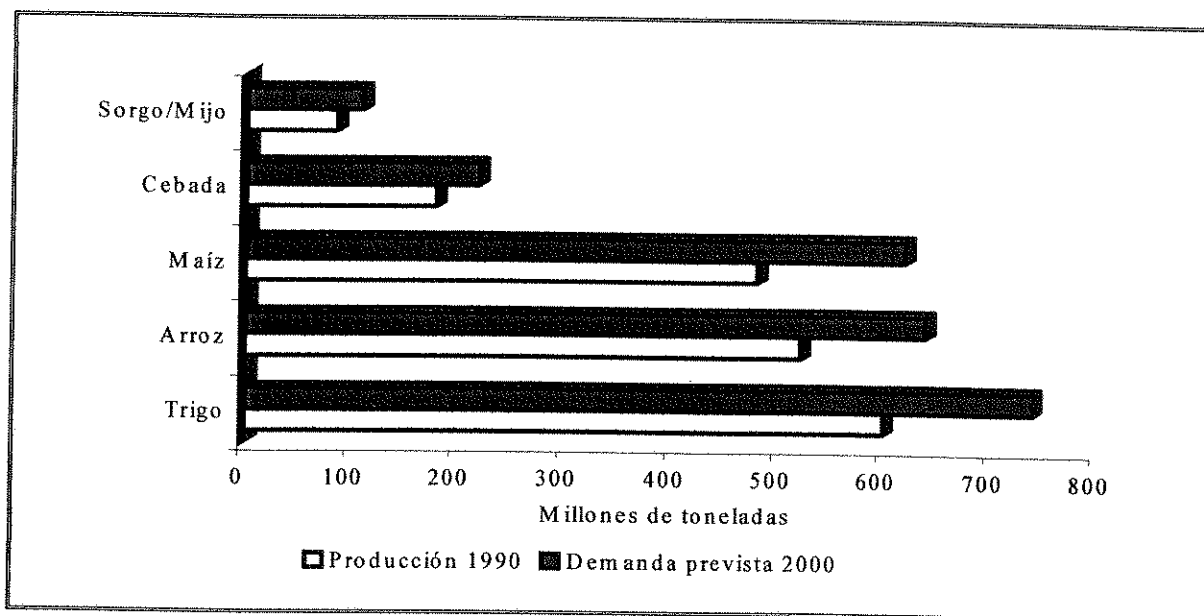
El maíz es posiblemente la herencia más importante proveniente de las culturas indígenas americanas, siendo hoy en día una de las plantas más cultivadas y un componente fundamental en la alimentación humana y animal a nivel mundial.

1.2.1 Importancia económica del maíz.

1.2.1.1 A nivel mundial.

El maíz es el segundo cereal en importancia en el ámbito mundial, le antecede el trigo y precede al arroz, a la patata y a la cebada.

FIGURA 3. Las especies cultivadas más importantes del mundo. Demanda y producción mundial de cereales.



Fuente: Anuario Producción de FAO y estimaciones de los profesores Norman E. Bourlaug y Chistopher Dowswell.

El desarrollo de este cultivo está directamente asociado con la ganadería de los países desarrollados, basada en el modelo de alimentación maíz-torta de soja (López Bellido, 1986).

Por su capacidad de adaptarse a condiciones climáticas adversas, se cultiva en todos los continentes, en todas las regiones cálidas de las zonas templadas y en la zona húmeda subtropical.

La superficie cultivada de maíz en el mundo ha aumentado en los últimos años, situándose en más de 140 millones de ha, con un rendimiento promedio de 4.184 Kg/ha y con una producción de unos 590 millones de toneladas en 1997, lo que representa un 28% de la producción total de cereales (F.A.O 1997).

En el ámbito mundial, puede afirmarse que la producción maicera se concentra en unos pocos países, sobre todo en Estados Unidos que obtiene el 40% de la producción mundial, y seguido de países como Brasil, Méjico, Argentina, Francia, Canadá y Hungría. Las tres cuartas partes de la producción estadounidense provienen de la zona llamada "cinturón del maíz" (Corn Belt), que comprende varios Estados del centro y norte del país.

Uno de los países que durante muchos años fue considerado un gran productor de maíz es la hoy extinguida U.R.S.S. De su fragmentación, Ucrania ha sido el país de más producción, con 5,3 millones de toneladas en 1997 (Navas Cuello, 1999).

En el comercio internacional del maíz, los Estados Unidos de América es el mayor exportador con una amplia ventaja, y durante 1996 fue el responsable del 72,2% del total exportado. Dentro de la Unión Europea todo el peso de las exportaciones recae sobre Francia, siendo prácticamente insignificante en el resto. También ha registrado un aumento significativo como país exportador la República Argentina.

En el siguiente cuadro se representan los países con mayor superficie cultivada de maíz.

CUADRO 4. Superficie, rendimiento y producción de maíz en diferentes países (F.A.O 1997).

PAÍSES	SUPERFICIE (hectáreas)	RENDIMIENTO (Kg ha ⁻¹)	PRODUCCIÓN (miles de tm)
EE.UU.	29.602.000	7.974	236.064
Brasil	13.415.000	2.399	32.185
Méjico	7.778.000	2.317	18.026
Argentina	2.601.000	4.036	10.499
Francia	1.734.000	8.379	14.530
Canadá	1.058.000	6.975	7.380
Hungría	1.053.000	5.687	5.989
Italia	1.023.000	9.333	9.548
Turquía	550.000	3.636	2000
Bulgaria	478.000	2.278	1.089
España	435.000	8.497	3.696
MUNDO	141.065.000	4.184	590.214

1.2.1.2 A nivel europeo.

El maíz fue introducido en Europa por los españoles después del descubrimiento de América. Se sembró primeramente en España, y su cultivo se extendió con rapidez por toda la cuenca mediterránea (López Bellido, 1986).

A nivel europeo, los países con mayores superficies cultivadas son Francia, Hungría e Italia, aunque en el caso de Hungría los rendimientos medios obtenidos son muy bajos con respecto al resto de los países europeos. Italia es un país con altos rendimientos teniendo en cuenta la superficie dedicada a este cultivo.

En la Unión Europea, el maíz grano representa casi el 20% de la producción de cereales. Los rendimientos han ido aumentando en los últimos quinquenios a un ritmo de unos 100 Kg/ha y año. En los últimos años ha habido un ligero descenso en las superficies debido, principalmente, a la política de abandono de las tierras o a la necesidad de dejar en barbecho una parte de la superficie maicera. La superficie se situó en 1997 en torno a 3,5 millones de hectáreas (FAO 1997).

El consumo interior de la Unión Europea es ligeramente superior a la producción. El sector de la alimentación animal es, con diferencia, el principal consumidor con más del 70% del total y en los últimos tiempos experimentan importantes avances los usos industriales como la almidonería, semolería y destilerías (A.G.M.E., 1995).

En Europa, actualmente las necesidades de maíz son mayores que las producciones, por lo que es necesario importar al año unos 3.000.000 de toneladas de maíz.

1.2.1.3 En España.

A nivel español, el maíz es considerado el tercer cultivo en importancia después del trigo y de la cebada, con una superficie cultivada de unas 466.700 ha y una producción de más de 4 millones de toneladas (MAPA 1999).

Los cultivos herbáceos en España durante la campaña 98/99 superó la superficie de base de maíz en regadío en 8,5 % (Agrocajas, 1998). El 84% de la superficie dedicada a maíz es en condiciones de regadío.

La demanda española de maíz exterior disminuyó significativamente como consecuencia de su ingreso en la Política Agraria Común (P.A.C.), pero en la actualidad se encuentra en alza y esto ha influido para elevar también la participación relativa de España en el conjunto del comercio de la Unión Europea. El primer proveedor de España es los Estados Unidos de América, seguido de Francia, Argentina y Brasil (M.A.P.A. , 1999).

En cuanto a las exportaciones españolas de maíz, la cantidad que exporta nuestro país es muy poco significativa.

El maíz se cultiva en casi todas las provincias españolas, y las principales regiones productoras son Castilla-León, Aragón, Extremadura y Castilla - La Mancha, en orden de importancia, y son éstas también las que tiene la mayor superficie dedicada a maíz.

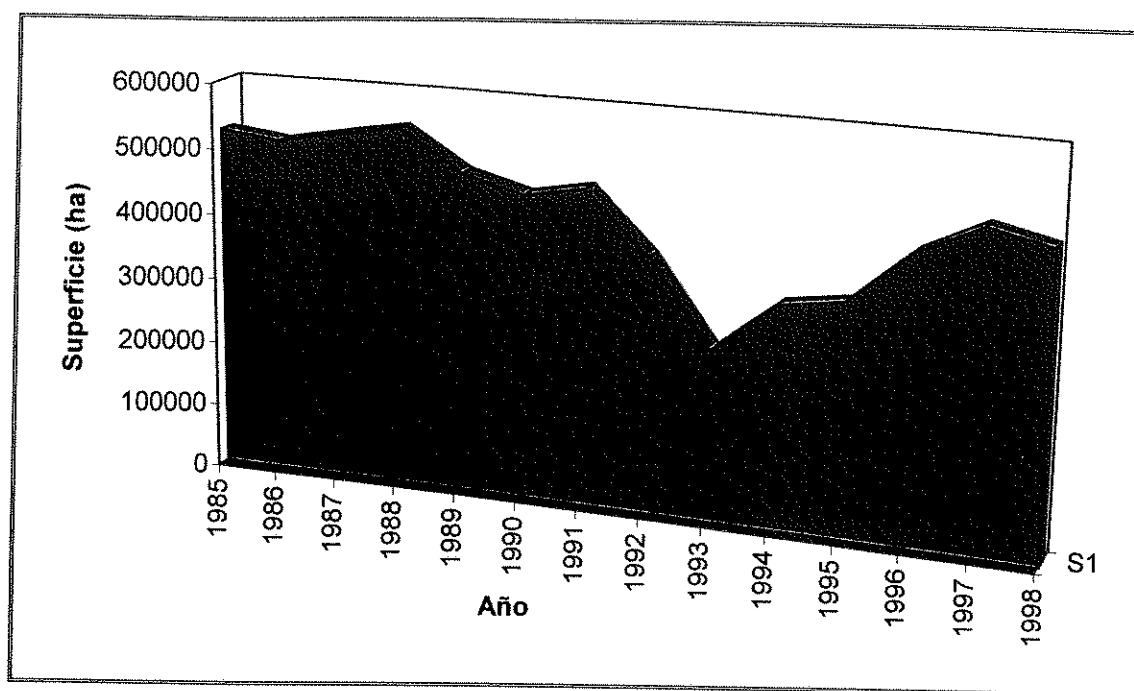
CUADRO 5. Superficie, rendimiento y producción de maíz de grano en España (1996).

REGIONES	SUPERFICIE (ha)	RENDIMIENTO (Kg ha ⁻¹)	PRODUCCIÓN (t)
<i>CASTILLA-LEÓN</i>	82.806	9.273	767.825
Aragón	82.443	9.229	760.868
Extremadura	50.000	10.800	540.000
Castilla-La Mancha	47.522	11.090	527.033
Andalucía	29.849	10.727	320.188
Cataluña	27.570	10.994	303.112
Galicia	83.700	3.149	263.582
ESPAÑA	439.711	8.531	3.751.072

En España los rendimientos han experimentado un notable incremento en los últimos 15 años, generalizado en todas las regiones excepto Galicia (López Bellido, 1986).

La campaña del 98/99 fue la primera en que se autorizó en la Unión Europea, la siembra de variedades de maíz genéticamente modificado. Y en este primer año, España se puso a la cabeza con unas 30.000 ha de superficie sembrada de maíz transgénico. Para esta campaña recomiendan desde la asociación de agricultores ARAGA que no se siembre maíz transgénico, porque podría tener dificultad el agricultor a la hora de venderlo (Alborada, 2000).

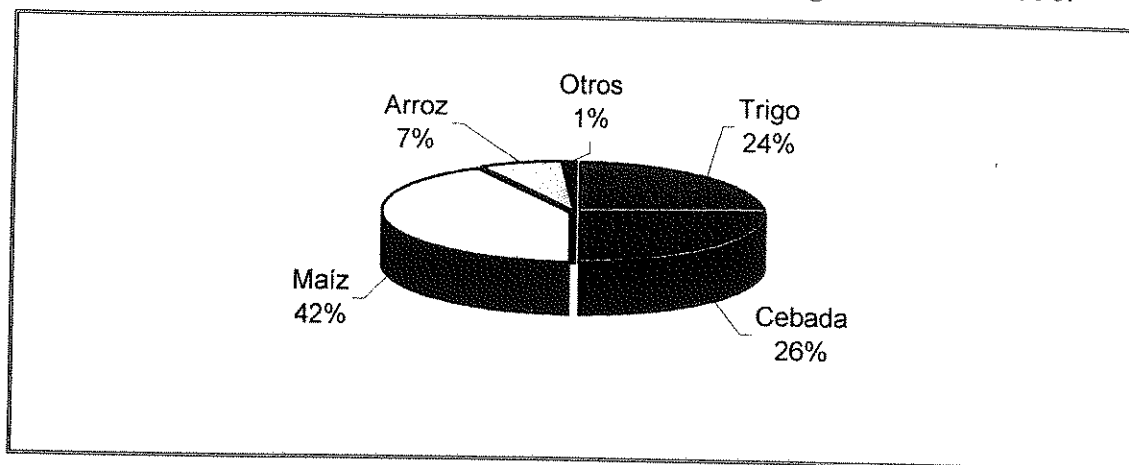
FIGURA 4. Evolución de la superficie cultivada de maíz en España.



En la figura se aprecia el brusco descenso de la superficie de maíz desde 1990 hasta 1993 y su fuerte recuperación entre 1993 y 1997, disminuyendo en 1998. (Anuario Estadístico, 1999).

1.2.1.4 En Aragón.

Al igual que en el conjunto de España, el maíz es el tercer cultivo en superficie ocupada en Aragón, después de la cebada y del trigo. En cambio, en el regadío es el cultivo herbáceo predominante, seguido por la alfalfa. La superficie de regadío de maíz representa el 99% respecto al total de superficie cultivada de maíz.

FIGURA 5. Superficie ocupada por los cereales en el regadío aragonés. D.G.A. 1998.

Según los datos que se tienen del año 1998, la superficie de maíz forrajero en Aragón solo fue de 646 ha, algo superior al año anterior, pero aún así sigue siendo poco significativa.

La superficie dedicada a maíz en Aragón durante el año 1998 según el Balance Agrario facilitado por la Diputación General de Aragón, se presenta en el cuadro siguiente:

CUADRO 6. Superficie ocupada por maíz en Aragón en 1998. (MAPA-DGA).

PROVINCIA	Secano	Regadío	Total
Zaragoza	17	38.193	38.210
Teruel	97	4.880	4.977
Huesca		39.666	39.666
ARAGÓN	114	82.739	82.853

Cada vez son mayores los rendimientos obtenidos especialmente en Huesca y Zaragoza con 9.691 Kg/ha y 9.377 Kg/ha respectivamente. Teruel obtiene un rendimiento de unas 8.345 Kg/ha. (D.G.A.).

La comercialización del maíz aragonés se destina, en una cuarta parte, a la industria alcoholera y de edulcorantes situada en Zaragoza, y otra parte significativa se utiliza en la fabricación de piensos compuestos dentro del Valle del Ebro.

1.2.2 Requerimientos culturales y nutritivos del cultivo.

Como cualquier otro tipo de cultivo, el maíz necesita una serie de labores que permitan unas condiciones óptimas para su crecimiento y desarrollo.

Preparación del terreno

La preparación del terreno lleva consigo una serie de labores primarias y secundarias que permitan restaurar la estructura del suelo, degradada como consecuencia de las labores y el propio cultivo anterior.

La labor primaria tiene como finalidad levantar y enterrar el rastrojo, eliminar las malas hierbas y dejar la superficie del terreno abierta para recibir y almacenar el agua procedente de las lluvias, para así evitar las pérdidas producidas por escorrentía. El apero utilizado suele ser un arado de vertedera o de discos, aunque si no requiere el volteo de la tierra se utiliza un arado "chisel". La tierra debe encontrarse en tempero, es decir, en buen estado de humedad y temperatura para una óptima nascencia de las semillas.

La labor secundaria se encarga de preparar la tierra para la siembra. Su objetivo fundamental es mullir el suelo, especialmente en los primeros centímetros de profundidad, dejarlo bien aireado y desprovisto de malas hierbas para que las semillas puedan absorber agua, germinar y dar lugar a plántulas capaces de emerger en las mejores condiciones posibles. Normalmente los aperos utilizados en este tipo de labores son gradas y rastras.

También pueden hacerse otras labores como nivelación del terreno, dejarlo en barbecho, etc. En la actualidad se tiende al "laboreo mínimo" que evita la compactación del terreno y mejora la

conservación del suelo. En Estados Unidos en una práctica muy extendida en la zona del “cinturón del maíz”.

Abonado

El maíz es una planta muy exigente en elementos nutritivos, especialmente Nitrógeno, Potasa y Fósforo. No basta con aportar al suelo las cantidades recomendadas, se ha de hacer en el momento oportuno.

El abonado tiene como misión aportar aquellos nutrientes que escasean en el suelo o se encuentran en dosis mínimas y que la planta los requiere para su perfecto desarrollo. Conocidas las necesidades del maíz y con un análisis de suelo, se pueden calcular las dosis adecuadas que aplicadas al terreno nos permita obtener un rendimiento óptimo.

En presencia de materia orgánica se mejora la absorción de los fertilizantes aportados y de los elementos existentes en el suelo. Además la materia orgánica permite un máximo aprovechamiento del agua disponible.

El maíz necesita del orden de 25 a 30 kg de nitrógeno por hectárea y tonelada de cosecha de grano esperada, con un contenido en humedad del 14% (Fernández, 1989).

Siembra

Varios son los factores que debemos tener en cuenta a la hora de realizar la siembra:

- Época de siembra.

La fecha adecuada para la siembra varía con la zona, el año climatológico, el tipo de utilización que se le va a dar al maíz y la variedad elegida. No es la misma para cada año, y debe ser adelantada o retrasada de acuerdo a cada región. En nuestra zona, el maíz es un cultivo de primavera y la temperatura debe ser superior a los 10 °C.

Normalmente se utilizan variedades de ciclo semitardío y tardío.

- Densidad de siembra.

No existe densidad ideal de siembra, ya que ésta dependerá de la variedad (ciclo, tamaño mazorca...), del clima (temperatura, horas luz...), del suelo y de las prácticas culturales (abonado, riegos...). Las densidades normalmente admitidas en riego para variedades de ciclo largo oscila entre 85.000 y 100.000 plantas/ha, y de 75.000 a 85.000 para variedades precoces y semiprecoces.

La densidad de siembra depende del marco de plantación que utilicemos, es decir, de la distancia entre plantas dentro de la misma línea y la distancia entre líneas. Las densidades de siembra pueden aumentarse o disminuirse según su finalidad.

- Profundidad de siembra.

La profundidad de siembra debe ser la apropiada para que nuestro cultivo germine sin problemas y su sistema radicular se desarrolle adecuadamente. La profundidad ideal oscila entre 3 y 5 cm, no obstante ésta puede variar según se trate de suelos arcillosos o arenosos, en suelos arenosos la profundidad es mayor que en suelos arcillosos.

- Velocidad de siembra.

Esta deberá ajustarse a las características del terreno y de la sembradora. Debe entenderse como velocidades adecuadas entre 5-8 Km/h para sembradoras neumáticas, y algo inferior, 3-5 Km/h para las mecánicas en condiciones de siembra normales.

Protección del cultivo

Se entiende como tal el conjunto de tratamientos y labores realizados para combatir la proliferación de malas hierbas y los daños producidos por plagas y enfermedades. Con este conjunto de tratamientos se consigue un aumento de los rendimientos y una mejora en la calidad de las cosechas.

Las malas hierbas disputan al maíz en su etapa de desarrollo la utilización de los recursos de luz, agua y fertilizantes disponibles. Se puede luchar contra las malas hierbas mediante escarda realizada entre surcos o con el empleo de herbicidas adecuados.

Los herbicidas pueden utilizarse en presembrado, preemergencia y postemergencia. En la utilización de herbicidas hay que conseguir que además de controlar las malas hierbas, no perjudiquen los cultivos posteriores debido a la persistencia del herbicida.

Las malas hierbas más comunes en nuestra zona que afectan al maíz son el *Sorghum Halepense*, *Cyperus rotundus* L., *Xanthium strumarium* L., *Chenopodium album*, *Setaria* spp. y *Amaranthus retroflexus* (L.).

Las enfermedades más corrientes son: la podredumbre del tallo y raíz causante del encamado y producida por los hongos *Giberella zea* y *Fusarium moniliforme*, la podredumbre de la hoja producida por el hongo *Helminthosporium turcicum* y el carbón del maíz producido por el hongo *Ustilago maydis*.

Las plagas más frecuentes son las producidas por los ataques de los insectos *Sesamia nonagrioides* Y *Ostrinia nubilalis*, comúnmente conocidos como “barrenadores” o “taladros” del maíz.

Riegos

El maíz es un cultivo muy exigente en agua. La producción está estrechamente ligada a la cantidad de agua total que recibe el cultivo a lo largo de su ciclo vegetativo.

La siembra debe realizarse con una humedad en el horizonte superficial próxima a la capacidad de campo.

El primer riego no debe darse hasta que la planta no esté enraizada, y a partir de éste, hay que procurar que no pase necesidad de agua, fundamentalmente en la época de polinización. Sin

embargo, diversos autores han concluido que los riegos tardíos durante el llenado del grano no tienen efecto en la producción.

En Aragón el maíz se cultiva en regadío, fundamentalmente en riego por inundación (es importante que el terreno esté bien nivelado) donde la dosis de agua no se puede fraccionar tan fácilmente como en el riego por aspersión, por lo que es sumamente importante conocer de antemano las necesidades mínimas en cada período vegetativo de los cultivos, para dedicar las superficies a cultivar de cada uno de ellos en función del agua disponible.

En ensayos realizados en el Servicio de investigaciones Agrarias, se aprecia que las mejores producciones se obtienen regando durante todo el ciclo vegetativo del maíz. (Informaciones Técnicas nº 46).

Recolección

El maíz alcanza su madurez fisiológica cuando el contenido de humedad de los granos varía entre el 35 y 38 % (Urbano, 1995). En este momento, las hojas y las espatas se vuelven amarillas, y éstas últimas se abren relativamente de la mazorca. El grano se ve brillante y duro, la mazorca se desgrana con facilidad.

El grano se ha de cosechar con la menor humedad posible, por esta razón se recomienda esperar a que la humedad de los granos sea inferior preferiblemente al 20% (Navas, 1999).

1.2.3 Morfología de la planta de maíz.

El maíz (*Zea mays* L.) es una herbácea perteneciente a la familia de las gramíneas y a la tribu de las maideas. Entre las distintas especies pertenecientes a dicha tribu, solo el maíz tiene interés desde el punto de vista agrícola y económico (Llanos, 1984).

El maíz es una planta anual con un gran desarrollo vegetativo que puede medir entre 1 y 4 metros de altura, dependiendo del ciclo biológico, y posee un tallo de entre 3 y 4 centímetros de

grosor. Este tallo tiene estructura leñosa y, a diferencia de otras gramíneas, posee médula interior. El maíz puede desarrollar hijuelos, los cuales pueden ser importantes en siembras de poca densidad, al aumentar el área fotosintética. Sin embargo, estos hijuelos no suelen dar mazorcas, o si lo hacen abortan, lo que produce un gasto energético innecesario para la planta.

En el maíz puede haber tres clases de **hojas** vegetativas: foliares, brácteas y profilos. Las hojas foliares se localizan en cada uno de los nudos sobre el tallo principal; las brácteas recubren las mazorcas y se insertan en el pedúnculo de la mismas, y los profilos se hallan en la base de la mazorca, entre el pedúnculo y el tallo.

- La *hoja foliar* es alargada y abrazadora y tiene dos partes diferenciadas: el limbo, que es laminar y se proyecta desde el tallo hacia fuera, y la vaina, en la parte basal de la hoja que se enrolla alrededor del tallo. El limbo foliar se sostiene por el nervio central de la hoja. La vaina es más delgada y rígida que el limbo y posee una gruesa nerviación central, recubre completamente el entrenudo superior al nudo de inserción del tallo. En los primeros estadios de la planta es la encargada de proporcionar rigidez al tallo.

- Las *brácteas* recubren la mazorca y son consideradas, anatómicamente, como vainas foliares modificadas. Son delgadas y filamentosas, insertándose cada una en un nudo sobre el pedúnculo de la mazorca.

- Los *profilos* se localizan entre el pedúnculo y el tallo principal, y su diferencia con las brácteas estriba en tener dos nervios centrales.

El maíz posee un **sistema radicular** fasciculado bastante extenso, formado por tres tipos de raíces:

- Las *raíces primarias* emitidas por la semilla, comprenden la radícula y las raíces seminales.

- Las *raíces principales o secundarias* que comienzan a formarse a partir de la corola, por encima de las raíces primarias, constituyen la casi totalidad del sistema radicular.

- Las *raíces aéreas o adventicias* que nacen en último lugar, en los nudos de la base del tallo, por encima de la corola.

El maíz es una planta monoica, es decir, lleva en cada pie de planta flores masculinas y femeninas. Las flores masculinas se agrupan en una panícula (penachos o pendones) terminal, y las femeninas se reúnen en varias espigas (panoja o mazorca) que nacen de las hojas del tercio medio de la planta.

La reproducción del maíz es alógama, y el polen de una planta fecunda a los óvulos de las flores de las otras plantas cercanas. Aunque podrían autofecundarse, este fenómeno se produce en un tanto por ciento muy bajo, ya que la autofecundación acarrea problemas de consanguinidad, poniendo en peligro la pervivencia de la especie.

Las *flores masculinas* suelen tener entre 6-8 mm, salen por parejas a lo largo de muchas ramas finas de aspecto plumoso, situadas en el extremo superior del tallo. Cada flor masculina tiene 3 estambres, largamente filamentados.

Las *flores (espiguillas) femeninas* se agrupan en una ramificación lateral gruesa, de forma generalmente cilíndrica, cubierta por brácteas foliadas. Sus estilos sobresalen de las brácteas y suelen alcanzar una longitud entre 12 y 20 cm, formando su conjunto una cabellera característica que sale por el extremo de la mazorca. Se conoce vulgarmente con el nombre de sedas o barbas.



1.3 FERTILIZACIÓN

1.3.1 Fertilizantes.

El maíz es un cultivo capaz de dar elevadas cosechas siempre que encuentre en el suelo las condiciones adecuadas que le permitan extraer las grandes cantidades de elementos nutritivos que necesita.

La Nutrición Vegetal es una rama de la Fisiología Vegetal que estudia los sistemas de asimilación de nutrientes, su transporte en el medio interno y su papel en el metabolismo de la planta.

Para que la planta se desarrolle adecuadamente y complete su ciclo vital es necesario el aporte de los elementos minerales implicados en su metabolismo, conocidos como “elementos esenciales”.

A mediados del siglo XIX, Julius von Sachs desarrolló un sistema para cultivar plantas manteniendo sus raíces sumergidas en una disolución que contenía los elementos minerales que se suponía podían absorber las plantas en el campo. Esta técnica, que ahora se denomina “cultivo hidropónico”, ha sido y es muy útil para descubrir la esencialidad de los diferentes elementos en el metabolismo vegetal, así como para determinar la cantidad óptima requerida por la planta y el estudio de los síntomas que provocan la deficiencia o exceso de dichos elementos.

ELEMENTOS ESENCIALES

Las plantas obtienen hidrógeno y oxígeno del agua y carbono del CO₂ atmosférico. El resto de los nutrientes los incorporan del suelo a través del sistema radicular.

Mediante el cultivo hidropónico, se observó que además del carbono, oxígeno e hidrógeno, los vegetales necesitan otros elementos esenciales que se clasificaron en **macroelementos** y **microelementos** en función de las cantidades requeridas por la planta.

En 1939 dos fisiólogos vegetales de la Universidad de California (Arnon y Stout) fijaron los criterios para establecer la esencialidad de un determinado elemento:

Su supresión del sustrato nutritivo debe tener como consecuencia un crecimiento anormal de la planta, un fracaso en la culminación de alguna de las etapas de su desarrollo o, incluso, su muerte prematura.

Debe actuar de manera específica, sin que pueda ser reemplazado en sus funciones por otro elemento.

Su mecanismo de acción sobre el crecimiento o sobre el metabolismo vegetal debe ser directo y no estar influenciado por otro elemento antagónico.

Sobre estas bases, se continúan los estudios con otros elementos sobre los que todavía existen dudas acerca de su esencialidad.

Hacia 1890 se habían encontrado diez elementos esenciales para las plantas (H, C, N, O, P, S, K, Ca, Mg y Fe) cuya ausencia iba acompañada, habitualmente, de ciertos síntomas visuales. Entre 1929 y 1954 fueron identificados los restantes elementos aceptados hoy como tales: Mn, Cu, Zn, Mo, B y Cl.

La concentración requerida por la planta para su normal crecimiento y desarrollo varía enormemente en los distintos elementos esenciales, de hecho sus proporciones relativas llegan a alcanzar valores de 1 a 10^6 mgL⁻¹ (Jones, 1994).

Para algunos elementos resulta especialmente difícil determinar su esencialidad, dado su carácter ubicuo. Por ejemplo, el cloro como NaCl ha sido y es una fuente de contaminación permanente en cualquier etapa del trabajo con material vegetal. Por esto y a pesar de ser requerido por la plantas, incluso en mayores cantidades que otros elementos, como el hierro por ejemplo, hasta principios de los años 50 no se demostró su esencialidad para las especies vegetales.

CUADRO 7. Descubridores de algunos elementos y de su esencialidad para las plantas.

Elemento	Descubridor	Año	Autor	Año
C	*	*	De Saussure	1804
H	Cavendish	1766	De Saussure	1804
O	Priestley	1744	De Saussure	1804
N	Rutheford	1772	De Saussure	1804
P	Brand	1772	Ville	1860
S	*	*	Von Sachs	1865
K	Davy	1807	Von Sachs	1860
Ca	Davy	1807	Von Sachs	1860
Mg	Davy	1808	Von Sachs	1860
Fe	*	*	Von Sachs	1922
Mn	Scheele	1774	Mc Hargue	1931
Cu	*	*	Lipman y Mc Kinnon	1931
Zn	*	*	Sommer y Lipman	1626
Mo	Hzelm	1782	Arnon y Stout	1939
B	Gay Lussac y Thenard	1808	Sommer y Lipman	1926
Cl	Scheele	1774	Broyer y Stout	1954

*Elementos conocidos desde la antigüedad

CUADRO 8. Funciones de los elementos esenciales y forma en que son absorbidos por las plantas.

Elementos	Absorbidos	Funciones en la planta
C, H, O, N, S	Iones (disolución): HCO_3^- , NO_3^- , NH_4^+ , SO_4^{2-} Gases (atmósfera): O_2 , N_2 , SO_2	Constituyentes principales de compuestos orgánicos
P, B	Iones (disolución): PO_4^{3-} , BO_3^{3-}	Transferencia de energía; movilidad de hidratos de carbono
K, Mg, Ca, Cl	Iones (disolución): K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^-	Inespecíficas: forman parte de compuestos orgánicos, balance iónico
Cu, Fe, Mn, Mo, Zn	Iones o quelatos (disolución): Cu^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , MoO_4^{2-} , Zn^{2+}	Transporte electrónico; catálisis enzimática

ELEMENTOS BENEFICIOSOS

Si bien esta categoría de nutrientes no está oficialmente establecida, muchos especialistas consideran que para asegurar el normal crecimiento y desarrollo de una planta deben estar presentes en el medio más elementos que los 16 considerados esenciales.

En los primeros trabajos con cultivo hidropónico, y en base a este supuesto, se preparaba una disolución complementaria que era añadida a la disolución constituida por los elementos esenciales conocidos (tabla 1.2). El objetivo era asegurar que la mayoría de los elementos presentes en el suelo estuvieran incluidos en la disolución nutritiva final. Así se descubrieron

una serie de elementos que influían en el desarrollo de la planta y se les calificó como elementos beneficiosos.

Los elementos considerados beneficiosos pueden actuar sobre la planta sustituyendo en parte a algún elemento esencial cuando éste se encuentra a concentraciones por debajo de su nivel óptimo o estimular su absorción o transporte. Por ejemplo el sodio se ha demostrado que puede mejorar el crecimiento y desarrollo de determinados cultivos por sustituir parcialmente en sus funciones al potasio (Draycott, 1972).

El fin fundamental de la fertilización es compensar el posible déficit entre las necesidades del cultivo y la posibilidad del suelo de satisfacerlas, para ello es necesario conocer las extracciones que va a realizar el cultivo y la composición del suelo mediante un análisis de suelo.

Convencionalmente los elementos minerales necesarios para la planta se agrupan en dos clases:

a)- **Macronutrientes:** son los elementos absorbidos por la planta en mayores cantidades. Entre ellos, hay varios que se encuentran frecuentemente en casi todos los suelos y además en cantidades suficientes para cubrir las exigencias de cultivo, por lo que tienen una importancia secundaria.

- macronutrientes primarios: Nitrógeno, Fósforo y Potasio.
- macronutrientes secundarios: Azufre, Calcio y Magnesio

b)- **Micronutrientes u oligoelementos:** son elementos que se absorben por la planta en cantidades mínimas, con las que quedan cubiertas sus necesidades.

1.3.2 Síntomas visuales de los estrés más comunes.

EN HOJAS

Las **hojas sanas** presentan un magnífico color verde oscuro cuando están adecuadamente nutridas.

El amarilleo que comienza en la punta y se extiende a lo largo de la parte media de la hoja es signo de falta de **nitrógeno**.

La carencia de **fósforo** colorea las hojas con un tono rojizo púrpura, particularmente en las plantas jóvenes.

La deficiencia de **potasio** aparece como una quemadura o resecaamiento a lo largo de las puntas y extremos de las hojas más bajas.

La deficiencia de **magnesio** ocasiona bandas blancuzcas a lo largo de los nervios, y a menudo, un color purpúreo en el envés de las hojas más bajas.

La **falta de agua** provoca en el maíz un color verde grisáceo y las hojas se enrollan, casi con el grosor de un lápiz.

Los **productos químicos**, algunas veces pueden quemar las puntas, bordes y otras partes de las hojas. El tejido en las zonas muertas adquiere un color blancuzco.

RAÍCES

Profundas raíces extendidas, de una planta saludable y de alto rendimiento productivo.

Fósforo. La carencia de fósforo durante las primeras semanas da origen a un sistema radicular poco profundo, con escasa extensión.

Raíces dañadas. El ataque de los **gusanos de las raíces**, se manifiesta en la desaparición y/o perforación de las raíces.

Un **drenaje pobre** y una **capa dura arcillosa** debajo del suelo son causantes de un sistema radicular aplastado y poco profundo. Un maíz con un sistema radicular deficiente no puede resistir la sequía y es fácilmente derribado por el viento.

El **suelo ácido** se observa cuando la parte más baja de la raíz está decolorada e inclinada, particularmente cuando las raíces nacen entre el tercer y cuarto nudo.

Las raíces cortadas son en general producidas por **labores culturales**. La labor ha sido demasiado profunda y cerrada.

Productos químicos. Los daños derivados de las sustancias químicas dan origen a raíces retorcidas.

MAZORCAS

Mazorca normal de un maíz fertilizado, de alta producción.

Grandes mazorcas. Las mazorcas de tamaño excesivo indican que la **población** de la planta era demasiado **pequeña** para la obtención de altas producciones.

Las mazorcas pequeñas generalmente son índice de **baja fertilidad**.

El **nitrógeno** es esencial durante la etapa de crecimiento. Si la planta carece de este elemento en un periodo crítico, las mazorcas son pequeñas y el contenido de proteínas bajo. Los granos de las puntas no se rellenan.

Las sedas verdes (pistilos) en la maduración pueden estar ocasionadas por **exceso nitrógeno** en relación con los otros elementos.

Potasio. La carencia de potasio se observa en las mazorcas por las puntas escasamente rellenas y granos desprendidos, de escasa consistencia.

Fósforo. La carencia de fósforo perjudica la polinización. Las mazorcas son pequeñas, a menudo retorcidas y con granos poco desarrollados.

La **falta de agua** retrasa la aparición de las sedas después de la inflorescencia. Los granos no polinizan adecuadamente (Fernandez, 1990).

1.3.3 Nitrógeno.

En este estudio sólo nos vamos a ocupar de la fertilización nitrogenada, aunque por supuesto hemos tenido en cuenta el resto de elementos, ya que la insuficiente disponibilidad por la planta de un solo elemento esencial, limitará su rendimiento, aunque el resto de elementos se encuentren disponibles en cantidades suficientes.

1.3.3.1 Papel del nitrógeno en la planta.

El nitrógeno ejerce un papel fundamental en la vida de la planta al ser parte fundamental en la vida de la misma. Es parte integrante de las sustancias orgánicas más importantes, tales como: clorofila, aminoácidos nucleicos, proteínas, etc.

El nitrógeno es esencial para la síntesis de las proteínas, que a su vez son la base del crecimiento y desarrollo celular. El paso de la materia mineral a materia orgánica se realiza a partir de la fotosíntesis, con la síntesis de los hidratos de carbono junto a la asimilación del nitrógeno y la proteosíntesis, que representan los fenómenos más característicos de la actividad vital de las plantas.

El suministro adecuado de nitrógeno produce los siguientes efectos en las plantas:

- Vigoroso crecimiento de todas las partes de la planta, tomando el tallo y hojas un color verde intenso, debido a la abundancia de clorofila.
- Intensa actividad asimiladora en las hojas, lo que redundará en una cosecha elevada, con una calidad excelente de la misma.

Sin embargo, un exceso de nitrógeno puede producir una excesiva vegetación que frecuentemente presentará más problemas que ventajas. Entre estos posibles inconvenientes cabe destacar:

- Retraso de la maduración, al alargarse el ciclo vegetativo de la planta
- Mayor sensibilidad a las enfermedades al permanecer los tejidos verdes y tiernos durante más tiempo, siendo además más vulnerables.
- Mayor sensibilidad al encamado, al ser las cañas menos rígidas, debido al desequilibrio que se produce entre glúcidos y nitrógeno.

El exceso de nitrógeno se manifiesta también al permanecer las sedas de las mazorcas verdes en plena madurez.

El empleo del nitrógeno es más delicado que el resto de elementos nutritivos debido a su rápido efecto de choque.

La escasez o deficiencia en la nutrición nitrogenada de las plantas se manifiesta por una vegetación raquílica, desarrollándose poco, tomando el follaje un color verde amarillento que evoluciona después hacia una pigmentación púrpura o violácea en los bordes de las hojas.

Debe destacarse que el rendimiento del cultivo puede verse gravemente afectado por la escasez de nitrógeno antes de que aparezcan síntomas carenciales visibles.

1.3.3.2 Asimilación del nitrógeno.

El nitrógeno es absorbido, tanto en forma nítrica (ión nitrato NO_3^-), como en forma amoniacal (ión amonio, NH_4^+), siendo ambos metabolizados por la planta. Sin embargo, es la forma nítrica la que es absorbida preferentemente. El ion nitrato es absorbido por la planta con actividad metabólica, es decir, con consumo de energía.

Algunos factores, como la temperatura y el pH, parece afectar de modo distinto la absorción de ambas formas de nitrógeno. Así, la forma amoniacal parece más favorecida a baja temperatura (Clarkson y Warner, 1979), en tanto que la forma nítrica lo es a bajo pH (Rao Y Rains, 1976). Se ha comprobado que, mientras la forma amoniacal se muestra competitiva para la forma nítrica, ésta no lo es para la forma amoniacal. (Mengel y Viro, 1978). En cualquier caso, parece que la presencia de la forma amoniacal es beneficiosa para el desarrollo, quizás a causa del ahorro de energía que supone la no reducción de la forma nítrica en la planta.

Aunque la forma uréica es transformada en amoniacal rápidamente en el suelo, también puede ser absorbida por las plantas, aunque muy lentamente en relación con la forma nítrica

Parece comprobado que la presencia de una excesiva concentración de nitrógeno nítrico en el suelo en el momento en que se está formando el sistema radicular de las plantas del maíz, perjudica el desarrollo de las raíces jóvenes. Por esta razón, no interesa localizar demasiado nitrógeno en la proximidad de las semillas y menos todavía en forma de nitrato. La absorción de nitrógeno por la planta de maíz, se realiza de forma muy variable según las diferentes fases del desarrollo en que se encuentren.

1.3.3.3 El nitrógeno en el suelo.

La mayor parte del nitrógeno en el suelo está en forma orgánica como componente de los residuos orgánicos, el humus y otros compuestos más o menos complejos, como proteínas, nucleótidos, ácidos nucleicos, aminoácidos, aminas y amidas, etc. Una parte muy importante del nitrógeno del suelo se halla en grupos amino ($-NH_2$) y todo el nitrógeno orgánico se encuentra en la forma reducida.

Aparte del nitrógeno de la atmósfera (N_2), gas inerte, que constituye aproximadamente 78% de la misma, existen en el suelo formas minerales de nitrógeno, entre las que hay que destacar los iones nitrato y amonio. Otras menos abundantes y que constituyen productos intermedios son el ión nitrito, los gases óxidos nitroso (NO) y nítrico (N_2O), la hidroxilamina (NH_2OH) y cantidades no disociadas de amoniaco (NH_3). De todas estas formas, la única que es retenida por el suelo de forma apreciable es el ión amonio (NH_4^+).

El contenido medio de nitrógeno en el suelo es muy variable y depende del contenido de materia orgánica. En general, los suelos pueden contener entre el 0,02 y el 0,4% de N y de éste, la mayor parte, generalmente más del 98%, en forma orgánica (Domínguez, 1989).

1.3.3.4 Ciclo del nitrógeno.

El balance de las formas asimilables de nitrógeno para la planta en la solución del suelo, es el resultado dinámico de una serie de reacciones que se producen continuamente y de las cuales

resulta un constante movimiento de entradas y salidas de nitrógeno asimilable (Domínguez, 1989).

Por lo que se aprecia en el esquema, podremos ir acercándonos a las recomendaciones de cómo utilizar el estiércol fluido porcino (E.F.P.) en relación con su contenido de nitrógeno:

En primer lugar, que como tal estiércol contiene una parte de su nitrógeno en forma orgánica (aprox. un 30%), y el resto, en forma amoniacal (aprox. un 70%).

En segundo lugar, si la absorción del nitrógeno (N) del suelo por la planta o cultivo en cuestión, se hace a partir de las formas minerales (N mineral del suelo), tiene que producirse esta transformación del N contenido en el estiércol, para poder ser absorbido por las cosechas.

Estos son todos los procesos:

Mineralización: Es la transformación del N orgánico en amonio (NH_4^+) mediante la acción de los microorganismos del suelo.

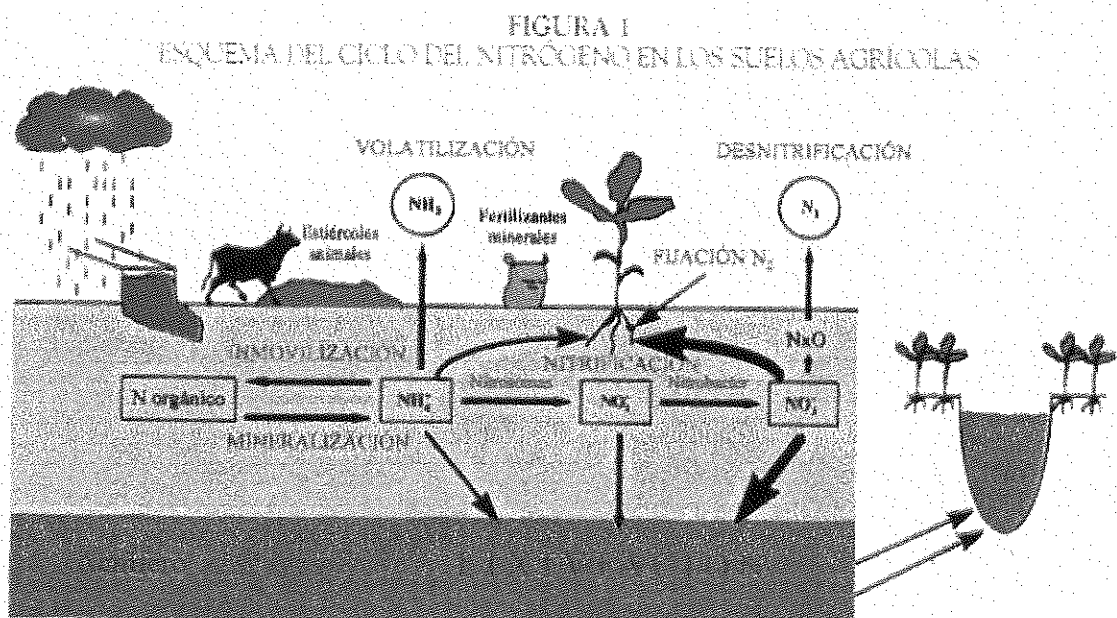
Inmovilización: Es el proceso contrario, pasando el NH_4^+ a formas orgánicas.

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

Nitrificación: En este proceso, el amonio se transforma, primero en nitrito, y este en nitrato, mediante la acción de bacterias aerobias del suelo. Debido a que, normalmente, el nitrito se transforma en nitrato con mayor rapidez que se produce, los niveles de nitritos en los suelos suelen ser muy bajos en comparación con los de nitrato. Bajo condiciones adecuadas, la nitrificación puede transformar del orden de 10-70 kg. de N/ha. y día. Esto implica que un abonado en forma amónica puede transformarse casi totalmente en nitrato en unos pocos días si la humedad y la temperatura del suelo son favorables.

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

Desnitrificación: La desnitrificación es la conversión del nitrato en nitrógeno gaseoso o en óxidos de nitrógeno, también gaseosos, que pasan a la atmósfera. Este fenómeno se debe a que, en condiciones de mucha humedad en el suelo, la falta de oxígeno obliga a ciertos microorganismos a emplear nitrato en vez de oxígeno para su respiración. Si el abonado se realiza con estiércol las pérdidas pueden ser mayores.



Fuente: Orús y Cía, Revista Surcos.

Lixiviación: La lixiviación o lavado del nitrato es el arrastre del mismo por el agua del suelo que circula más debajo de la zona radicular. Este proceso es el que produce la contaminación de las aguas subterráneas por nitrato, ya que en general, una vez que éste deja de estar al alcance de las raíces, continua su movimiento descendente hacia los acuíferos sin apenas ninguna transformación química o biológica.

Volatilización: Se denomina así a la emisión de amonio gaseoso desde el suelo a la atmósfera. Los estiércoles, si no se incorporan al suelo, pueden perder del 10 al 60% de su N por Volatilización, debido a que una parte importante de su nitrógeno puede estar en forma amónica.

1.3.3.5 Conclusiones prácticas.

El nitrógeno es un elemento nutritivo fundamental en el desarrollo vegetal y ocupa el lugar de honor en la técnica de la fertilización. Las consideraciones más importantes en relación a este elemento son las siguientes:

- La fuente básica de nitrógeno para la planta son los iones nitrato y amonio presentes en la solución del suelo y cuyo contenido depende en cada momento del balance de pérdidas y ganancias debidas a los principales procesos bioquímicos del ciclo del nitrógeno.
- La materia orgánica estable del suelo o humus constituye la reserva de nitrógeno del suelo. En función del clima, las condiciones físico-químicas del suelo, la relación C/N y la flora microbiana del suelo, se produce su mineralización neta a un ritmo que varía entre el 0,5 y el 2% según dichas condiciones.
- El mantenimiento de un nivel de humus que sea compatible con las condiciones climáticas es esencial para asegurar una capacidad de reservas de nitrógeno apreciable, aparte de las demás ventajas inherentes a la materia orgánica. Para ello, hay que aprovechar todos los residuos orgánicos disponibles en la explotación que compensan mediante su humificación las pérdidas por mineralización.
- La cantidad de nitrógeno proporcionada por la materia orgánica y otras fuentes biológicas no es en general suficiente para cubrir las necesidades de la mayoría de los cultivos, salvo en el caso de las leguminosas por su asociación con los *Rhizobium*. Por ello, es necesario complementar las cantidades de nitrógeno que suministra el suelo con la aportación de los fertilizantes.
- Para poder calcular la cantidad de N que es necesario aportar, hay que conocer, por un lado, las necesidades del cultivo en cuestión a lo largo de su ciclo vegetativo y, por otro, determinar el grado en que el suelo es capaz de cubrir dichas necesidades mediante la elaboración de un balance completo de materia orgánica y de nitrógeno en el suelo. Este balance depende en gran parte de los antecedentes culturales: fertilización del cultivo anterior, estercoladuras y otras enmiendas orgánicas, tipo de cultivo anterior y residuos del mismo, etc. Por otra parte, la climatología incide fuertemente en la mineralización del nitrógeno.

1.3.4 Otros elementos.

Fósforo: El ácido fosfórico favorece la fecundación y el buen desarrollo del grano. Favorece también el desarrollo de las raíces.

La absorción del fosfórico por la planta es importante en las proximidades de la floración y continua durante unos tres meses. Las cinco semanas de necesidades máximas de N coinciden con las del fósforo.

Potasio: El maíz necesita las dos terceras partes de la potasa durante el mes que transcurre desde quince días antes hasta quince días después de la floración.

Magnesio: En algunas regiones españolas, en terrenos arenosos, puede presentarse carencias de magnesio que puede corregirse en el maíz sembrando, en años sucesivos, con abonos que contengan magnesio, como, por ejemplo, la dolomita.

Calcio: Es absorbido por las plantas en su forma catiónica Ca^{++} . En el interior de la planta es un elemento poco móvil.

Interviene en la división mitótica de las células, en el crecimiento de los meristemas y en la absorción de nitratos.

Hierro: Es absorbido por la planta en forma ferrosa y férrica, Fe^{++} y Fe^{+++} , además de algunas otras formas orgánicas como los quelatos. Es absorbido principalmente en su forma ferrosa.

El hierro que se encuentra en la solución del suelo tiene una actividad antagónica, en lo que se refiere a la competitividad iónica con el cinc, el cobalto y el manganeso.

Interviene en distintos procesos metabólicos:

- En la síntesis de los anillos pirrólicos que pertenecen a la constitución de la molécula de clorofila.

- Forma parte de enzimas (catalasas y peroxidasas) y sustancias metabólicas como citocromos y ferredoxina.

Manganeso: Las plantas lo absorben en su forma catiónica, Mn^{++} . Este elemento es limitado en la superficie arable del suelo, unos 15-20 cm de profundidad.

Se encuentra en el suelo determinado por varios factores como, por ejemplo, el pH, ya que en suelos alcalinos pierde totalmente su asimilabilidad por parte de las plantas. También los excesos de materia orgánica tienen una gran cantidad de elementos competitivos, disminuyendo la absorción del manganeso.

El manganeso interviene en importantes procesos metabólicos, siendo poco móvil en la planta.

Cobre: Es absorbido por los vegetales en su forma catiónica, Cu^{++} . Su exceso provoca efectos tóxicos. Las causas de su deficiencia están determinadas por las cantidades en el suelo y por las condiciones del mismo en cuanto a pH, materia orgánica, etc.

El cobre interviene en el proceso metabólico de sustancias vitales.

Cinc: Es absorbido por las plantas en su forma catiónica, Zn^{++} . Se absorbe como todos los microelementos en pequeñas cantidades y es común en el suelo con una concentración de 1 ppm en la solución. En suelos alcalinos se reduce su cantidad asimilable, el pH del suelo determina esta disponibilidad.

El cinc interviene en importantes procesos metabólicos como en la formación de sustancias de crecimiento y es un activador de numerosos organismos.

2. MATERIAL Y METODOS

2.1 DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

2.1.1 Localización de los ensayos.

Los ensayos evaluados en este trabajo han sido realizados en dos parcelas diferentes de la finca de la Estación Experimental de Aula Dei (C. S. I. C.), sita en el término municipal de Montañana (Zaragoza). La situación geográfica de esta finca se relaciona en el Cuadro 9.

En una parcela estaban los lisímetros con el sistema de riego y desagüe. El ensayo en condiciones de campo se implantó en la parcela denominada J6.

CUADRO 9. Localización geográfica de los ensayos.

LOCALIDAD	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD
Montañana	0° 47'00'' W	41° 44'13'' N	230 m

2.1.2 Diseño experimental.

2.1.2.1 Contenedores para el estudio del lixiviado.

Para la realización del proyecto se emplearon 21 depósitos, ya definidos en el capítulo de material, con capacidad de 1m³, y con un desagüe en la parte inferior de una de sus caras.

En ellos se dispuso el suelo extraído de una parcela de la zona, respetando, en lo posible, la disposición de los horizontes del suelo. El diseño experimental incluye seis tratamientos con tres repeticiones.

El análisis periódico de los lixiviados procedentes de los lisímetros pretende proporcionar los datos necesarios para determinar cuales son los macroelementos que se han lavado y no han sido utilizados por las plantas o retenidos en el suelo.

Los seis tratamientos incluidos fueron los siguientes:

- 1-Sin ningún tipo de aplicación.

- 2-Dosis 30 m³/ha. de E.F.P. (normal).
- 3-Dosis 60 m³/ha. de E.F.P. (alta).
- 4-Dosis 120 m³/ha. de E.F.P. (excesiva).
- 5-Aplicación mineral normal.
- 6-Dosis 60 m³/ha. + turba. Cuya proporción es 1:1 (60 m³/ha + 60000 kg/ha)

En los lisímetros 1.7, 1.8 y 1.9 se aplicó Urea 46% como abonado de cobertera.

En los lisímetros 2.7, 2.8 y 2.9 no se sembró maíz ni se realizaron repeticiones.

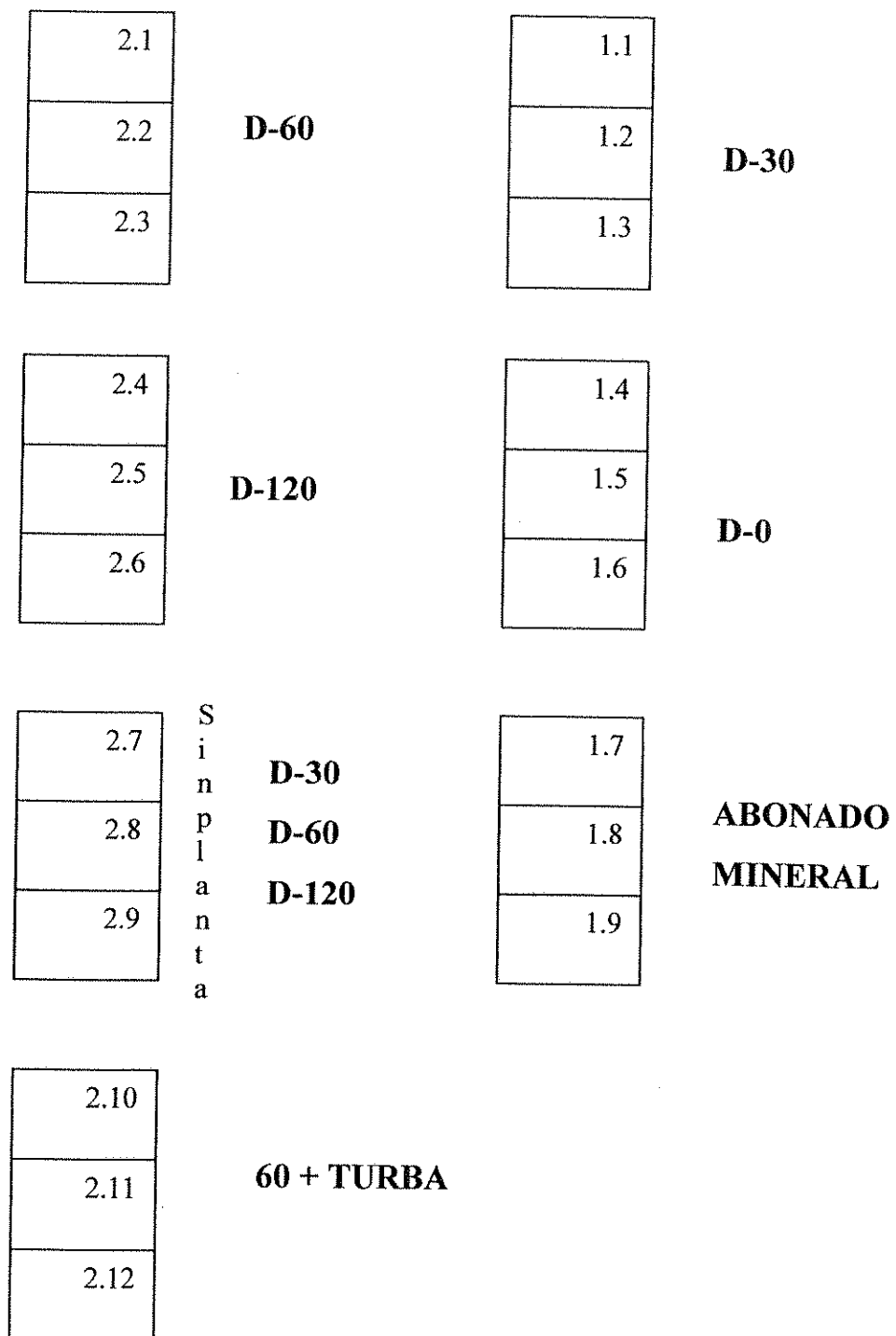
En los lisímetros 2.10, 2.11 y 2.12 se realizó una mezcla de purín con turba a iguales proporciones, con el objeto de elevar la relación C/N del purín y tener una idea del efecto que esto produce.

El diseño experimental del ensayo se puede ver en la Figura 6.

CUADRO 10.- Abonado efectuado sobre los lisímetros.

Lisímetro	Abonado de fondo (Dosis)	Abonado de cobertera (Dosis)
1.1, 1.2, 1.3	30 m ³ /ha	0
1.4, 1.5, 1.6	0	0
1.7, 1.8, 1.9	Urea 46% 17 g/m ² P-16% 45 g/m ² KCl 24 g/m ²	a 30 cm 17 g/m ² a 60 cm 17 g/m ² Espigado 17 g/m ²
2.1, 2.2, 2.3	60 m ³ /ha	0
2.4, 2.5, 2.6	120 m ³ /ha	0
2.7, 2.8, 2.9	30,60,120 m ³ /ha	0
2.10, 2.11, 2.12	60 m ³ /ha + turba 1:1	0

FIGURA 6. Diseño del ensayo de contenedores.



2.1.2.2 Ensayo de campo.

La parcela elemental está formada por 6 surcos separados 75 cm entre ellos y con una distancia entre plantas de 18 cm.

El tamaño aproximado de la parcela fue de unos 20 m²; 5 m de largo y 4 m. de ancho.

En este ensayo en campo se hicieron 4 tratamientos diferentes:

- Abonado Mineral
- Purín Dosis-30
- Purín Dosis-60
- Purín Dosis-120

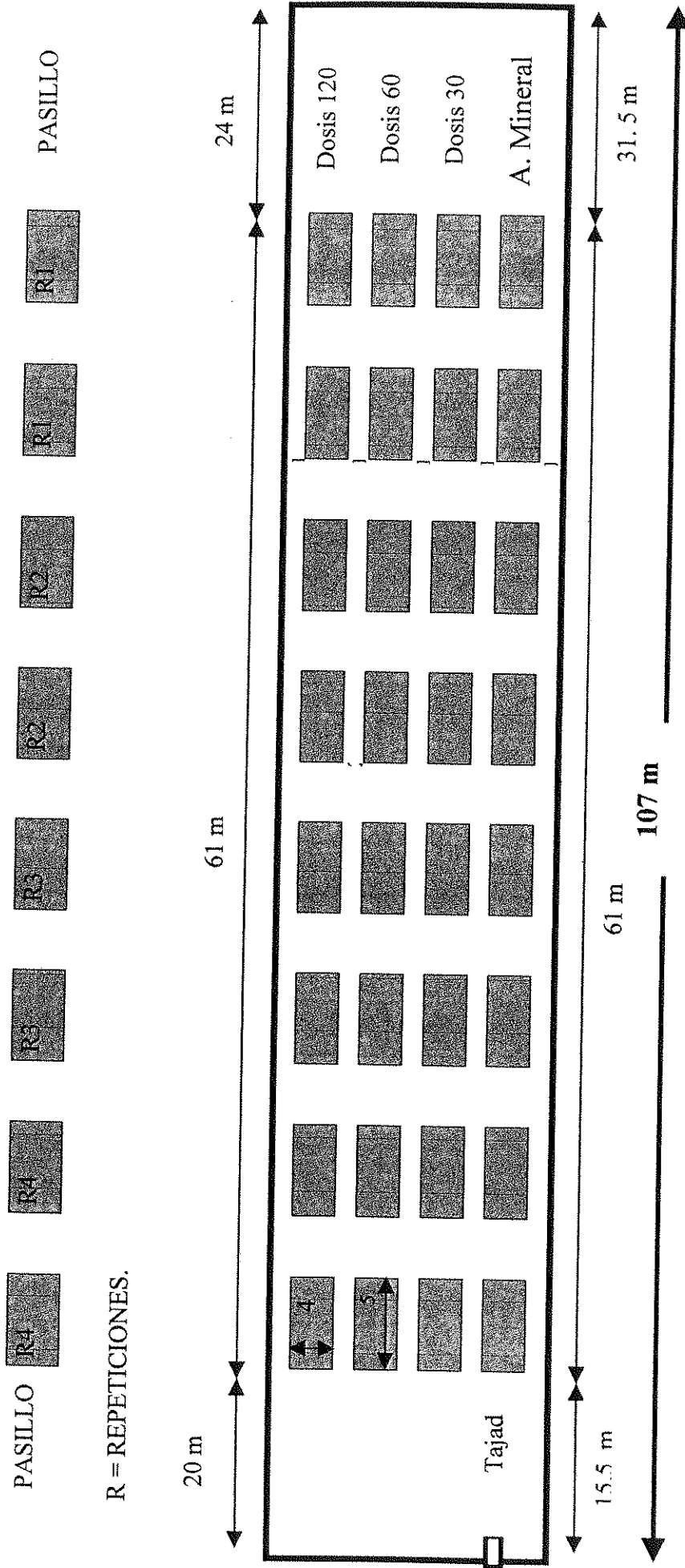
realizando 4 repeticiones de cada uno con dos densidades distintas:

- Densidad 1 : 38.095 pl/ ha
12 plantas/surco (48 pl. en los 4 surcos)
35 cm entre plantas y 75 cm entre surcos
- Densidad 2 : 60.605 pl/ ha
18 plantas/surco (72 pl. en 4 surcos)
22cm entre plantas y 75 cm entre surcos

Se tuvieron que realizar estas densidades tan bajas porque hubo una mala nascencia.

El control de plantas se hizo de los 4 surcos centrales, desechando el primer y último surco de las parcelas para eliminar el efecto de bordura.

FIGURA 7. Diseño del ensayo de campo.



- SUPERFICIE DE CADA REPETICION: $5 \times 4 \text{ m} = 20 \text{ m}^2$
- SUPERFICIE TOTAL DE LA PARCELA: $105 \times 28 = 2.968 \text{ m}^2$

2.2 MATERIAL

2.2.1 Material Vegetal.

El material vegetal utilizado en los ensayos tanto en lisímetros como en las parcelas de campo, es la variedad DK- 626, que es un híbrido simple comercial de la firma Semillas DEKALB.

La descripción del híbrido DK-626, según el catálogo comercial de la firma, es el siguiente:

Ciclo Fao:	625
Madurez Relativa (R.M.):	112
Altura de la planta:	Alta
Inserción de mazorca:	Media
Tipo de Grano:	Amarillo/Dentado
Nº hileras mazorca:	Muy gruesa: 18-20
Nº granos/ hilera:	Media: 37
Calidad de grano:	Media
Peso específico:	Medio: 73,6

En cuanto a sus características agronómicas, el catálogo comercial lo describe como un híbrido líder en potencial productivo con baja humedad en recolección que permite adelantar la cosecha. Excelente velocidad de secado. Espatas flojas que permiten un mejor secado del grano durante la maduración. La mazorca esta bien rematada. Gran tamaño de mazorca con elevado número de hileras y alto número de granos por hilera.

2.2.2 Fertilizante.

En estos ensayos lo que se quería comprobar era la capacidad fertilizante del Estiércol Fluido Porcino, tomando como testigo el abonado mineral.

2.2.2.1 Aplicación del purín.

A) Ensayo de contenedores.

Un mes antes de la siembra, el día 21 de Abril se realizó el aporte de purines en los macetones correspondientes. El purín en los macetones se aportó de forma manual, mediante jarras que se esparcían por todo el macetón, seguidamente se enterró para minimizar la pérdida de amoníaco. El purín aplicado en los macetones pertenece al ciclo de cebadero, y según su análisis (3.4 Caracterización del purín) aportará aproximadamente las siguientes cantidades de nutrientes, expresadas en unidades fertilizantes:

CUADRO 11. Unidades fertilizantes aportadas con el purín en los distintos tratamientos en el ensayo de contenedores.

Dosis E.F.P. (m ³ /ha)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
30	237,9 Kg/ha	106.5 Kg/ha	77.0 Kg/ha
60	475,8 Kg/ha	213.0 Kg/ha	146.6 Kg/ha
120	951,6 Kg/ha	425.9 Kg/ha	307.8 Kg/ha

B) Ensayo de campo.

El aporte de purines en el campo se hizo el día 21 de mayo. Para su aplicación se utilizó una cuba con sistema de enterramiento (un cultivador), que abría surcos en los cuales, por medio de unos tubos se echaba el purín. La anchura de trabajo era de 5 metros.

Este sistema de enterramiento de purines elimina prácticamente los olores y pérdidas amoniacales.

Las dosis teóricas que se pretendían aplicar eran, la D-30 que significa que hay que aplicar 3 l . m⁻², como la parcela tiene 61 m de largo y la anchura de trabajo era de 5 m, la cantidad de purín aplicado será de 915 litros en este ensayo. En la D-60 hay que aplicar 6 l . m⁻², por lo tanto la cantidad aplicada será de 1.830 l, y en la D-120 son 12 l . m⁻² la cantidad a aplicar, por lo que se tendría que gastar 3.660 litros.

Pero los litros realmente gastados no fueron los anteriores, sino que los litros aplicados para cada uno de los ensayos fueron:

D-30	1.000 litros
D-60	2.300 litros
D-120	5.200 litros

Por lo tanto, la cantidad de nutrientes aportados al ensayo de campo, según los resultados del purín analizado en el laboratorio son:

CUADRO 12. Unidades fertilizantes aportadas con el purín en los distintos tratamientos en el ensayo de campo.

Dosis E.F.P. (m ³ /ha)		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
TEORICO	REAL			
30	32.8	200,6 Kg/ha	105,3 Kg/ha	69,4 Kg/ha
60	75.4	461,5 Kg/ha	242,3 Kg/ha	159,6 Kg/ha
120	170.0	1043,4 Kg/ha	547,7 Kg/ha	360,7 Kg/ha

En la foto puede apreciarse como se aplicó el purín.



2.2.2.2 Abonado mineral.

La extracción media que se calculó de elementos nutritivos de NPK en el maíz es, por hectárea y tonelada de grano espera, expresada en unidades fertilizantes.

CUADRO 13. *Abonado realizado en los dos ensayos.*

<i>ABONADO</i>	<i>Unidades Fertilizantes</i>
<i>N</i>	<i>30</i>
<i>P₂O₅</i>	<i>15</i>
<i>K₂O</i>	<i>17</i>

2.2.3 Manejo de los ensayos.

2.2.3.1 Manejo del ensayo en contenedores.

Preparación del terreno

Para preparar el terreno para la siembra del maíz, los macetones se tuvieron que preparar manualmente y rellenar con tierra.

Fertilización orgánica (aporte de purines)

Un mes antes de la siembra se realizó el aporte de purines en los macetones correspondientes. Seguidamente se cavó el suelo para facilitar la percolación del purín y también para minimizar la pérdida de amoníaco.

Abonado mineral

El abonado de fondo se realizó el mismo día de la siembra. La fertilización que se realizó fue la siguiente:

ABONADO DE FONDO

	<u>Aporte</u>	<u>Equivalente U. F.</u>
Urea 46%.....	17 g / m ² = 170 kg.ha ⁻¹	78.2 kg N ha ⁻¹
P 16%.....	45 g / m ² = 450 kg.ha ⁻¹	165 kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹
KCl 50%.....	24 g / m ² = 240 kg.ha ⁻¹	145 kg K ₂ O ha ⁻¹

El abonado de cobertera solo se realizó para los lisímetros números 7, 8 y 9, que recibían fertilización mineral. Dicho abonado se fraccionó en tres veces:

- Cuando la planta tenía 30 cm de altura.
- Cuando la planta tenía 60 cm de altura.
- La última fracción fue en la fase de espigado.

Como abonado de cobertera se utilizó Urea del 46% de riqueza.

ABONADO TOTAL

Urea 46%.....	313 Kg N ha ⁻¹
P 16%.....	165 Kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹
KCl.....	145 Kg K ₂ O ₇ ha ⁻¹

Siembra

La siembra se efectuó el día 21 de mayo. Se pusieron tres granos de maíz por golpe para así asegurar la implantación del cultivo.

Hubo que “reponer marras” en algunos macetones para luego aclarar las plantas sobrantes y dejar en todos 8 plantas. La densidad final de plantación fue de unas 80.000 plantas/ha.

Riegos

Se aplicaron 10 riegos, con un intervalo variable de tiempo y cantidad según las necesidades hídricas del cultivo.

El volumen total de agua fue de unos 1.700 litros por lisímetro, es decir 1.700 mm.

La cantidad de agua total a lo largo de todo el ciclo vegetativo fue de 232,6 mm.

CUADRO 14. *Calendario de riegos y precipitaciones (litros) en contenedores.*

<i>Fechas</i>	<i>Riego</i>	<i>Lluvia del periodo</i>
<i>11-6-99</i>	<i>100 l.</i>	<i>10,4 l.</i>
<i>22-6-99</i>	<i>126 l.</i>	<i>6,4 l.</i>
<i>2-7-99</i>	<i>126 l.</i>	<i>6,3 l.</i>
<i>9-7-99</i>	<i>100 l.</i>	<i>0 l.</i>
<i>16-7-99</i>	<i>100 l.</i>	<i>0,5 l.</i>
<i>23-7-99</i>	<i>100 l.</i>	<i>4,6 l.</i>
<i>2-8-99</i>	<i>112 l.</i>	<i>24,5 l.</i>
<i>11-8-99</i>	<i>100 l.</i>	<i>12 l.</i>
<i>18-8-99</i>	<i>112 l.</i>	<i>0 l.</i>
<i>13-9-99</i>	<i>92 l.</i>	<i>37,3 l.</i>
<i>TOTAL</i>	<i>1.068 l.</i>	<i>102 l.</i>

La cantidad de agua recibida en cada riego se estableció dependiendo de las fechas y del estado vegetativo de la planta.

Recolección

El maíz cultivado en los lisímetros se recolectó el día 21 de octubre, una vez alcanzada la madurez fisiológica del grano, y con un grado de humedad apropiado que aconsejaba su recolección.

Protección del cultivo

No se realizó ningún tratamiento con herbicida, ya que las pocas malas hierbas existentes se eliminaban "a mano".

El ataque de carbón (*Ustilago maydis*) fue insignificante al igual que la presencia de cualquier otro tipo de hongo. Respecto a la presencia de taladro del maíz (*Ostrinia nubilalis*), se notó algo su incidencia, sin ser significativos sus daños.

Se colocaron redes anti-pájaros para prevenir posibles ataques.

2.2.3.2 Manejo de los ensayos en el campo.

Preparación del terreno

La preparación del terreno se llevó a cabo con el fin de conseguir un suelo mullido y profundo. La capa superior debe quedar bien nivelada y sin apelmazar. Además, el suelo debe quedar libre de malas hierbas para el momento de la siembra y de la emergencia.

Las labores preparatorias realizadas en la parcela durante el ensayo fueron las siguientes:

- 12-04-99: Pase de "chisel". Este laboreo primario se realizó con una profundidad de 35-40 cm.
- 07-05-99: Se niveló con láser la parcela para favorecer un riego a manta más uniforme. Posteriormente se regó la parcela para que tuviese tempero para la siembra.
- 20-05-99: Se hizo un pase de tabladera para desterronar.
- 21-05-99: Se preparó la tierra para la siembra con el rotobator.

Fertilización orgánica (aporte de purines)

El aporte de purines en el campo se hizo el día 21 de mayo, y para su aplicación se utilizó una cuba con cultivador, el cual abría el surco por donde se echaba el purín.

Abonado mineral

Para poder comparar los datos obtenidos con los diferentes tratamientos de purín, también se hizo otro tratamiento con abono mineral. El abono aportado es semejante al que aportan los agricultores de la zona, realizando primero un abonado de fondo y posteriormente otro de cobertera. Este abonado es igual al que se realizó a los lisímetros.

ABONADO DE FONDO

Urea 46%.....	17 g/m ²
P – 16%.....	45 g/m ²
KCl	24 g/m ²

ABONADO DE COBERTERA

Sólo Urea 46%:	A los 30 cm.....	17 g/m ²
	A los 60 cm.....	17 g/m ²
	Espigado	17 g/m ²

ABONADO TOTAL

Urea 46%.....	300 Kg N ha ⁻¹
P 16%... ..	165 Kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹
KCl	145 Kg K ₂ O ₇ ha ⁻¹

Siembra

Para la realización de una buena siembra de maíz hay que tener en cuenta diversos factores:

Época de siembra: 21 de mayo.

Densidad de siembra: en este ensayo utilizamos una distancia de interlinea de 75 cm y entre golpe y golpe 18 cm. La densidad de siembra aproximada es de 67.000 pl / ha.

Profundidad de siembra: entre 4 –6 cm de profundidad.

Método de siembra: el método de siembra es el de siembra a golpe con una sembradora neumática de 2.5 metros de anchura.

Preparación del ensayo

Una vez que se produjo la nascencia de las plantas se realizaron las mediciones necesarias para marcar los pasillos por los que tenía que pasar la fresadora para eliminar las plantas y limitar claramente cada bloque mediante pasillos. Los pasillos se hicieron el 1 de Julio.



También se ensayaron distintas densidades de siembra, para ello se tuvo que aclarar, las densidades que finalmente se dejaron fueron:

Densidad 1: 48 plantas (12 plantas en cada fila)

Densidad 2: 72 plantas (18 plantas en cada fila)

Estas densidades sólo se dejaban en los 4 surcos centrales de cada bloque, dejando un surco a cada lado del bloque como marginal. Este aclareo se hizo el 5 de Julio.

Una vez dejadas las densidades deseadas, se marcaron las plantas de las que tomar los datos durante su ciclo vegetativo. Se marcaron 8 plantas de cada bloque, cuatro plantas en el tercer surco y otras cuatro en el cuarto surco.

Riegos

El maíz es un cultivo exigente en agua, y el agua aportada por la lluvia en esta zona no es suficiente para obtener los rendimientos esperados, por esto es necesario aportar esta agua a través del riego.

CUADRO 15. *Calendario de riegos y precipitaciones (litros) en campo.*

<i>Fechas</i>	<i>Riego</i>	<i>Lluvia del periodo</i>
9-6-99	50 l/m ²	8,1 l.
23-6-99	50 l/m ²	13,2 l.
6-7-99	50 l/m ²	1,8 l.
21-7-99	50 l/m ²	5,1 l.
5-8-99	50 l/m ²	36,5 l.
16-8-99	50 l/m ²	0 l.
26-8-99	50 l/m ²	0 l.
TOTAL	350 l/m²	64,7 l.

El sistema de riego utilizado es el de superficie, para ello se ha utilizado el conjunto de acequias de las que dispone la E.E. de Aula Dei. La dosis de riego aproximada fue de unos 50 l/m² en cada riego.

Recolección

La recolección del maíz se produjo cuando el grano alcanzó su madurez fisiológica, que fue el día 19 de octubre.

Se realizó de forma manual, y se recolectaron los dos surcos centrales de cada bloque.

2.3 MÉTODOS

2.3.1 Caracterización morfológica.

El control de los distintos caracteres se hizo tanto en el ensayo de los lisímetros como en el ensayo de campo, a excepción del control de lixiviado que sólo se puede realizar en los macetones (lisímetros).

Los controles de los caracteres de la planta en los 18 macetones, fueron realizados sobre las 8 plantas existentes en cada uno de ellos.

Los controles de caracteres de la planta, en el campo, se hacían sobre 8 plantas de cada bloque, 4 plantas en cada uno de los dos surcos controlados, todas elegidas al azar.

2.3.1.1 Caracteres de Plántula (fase de crecimiento hasta la floración).

- Altura de planta.

Se define como la distancia desde la base del tallo en el suelo hasta el ápice de la hoja más larga, medida en centímetros. En los lisímetros se realizaron 7 mediciones, a intervalos de 7 días. En los ensayos del campo fueron 5 el total de las mediciones hechas. Para tomar la altura se utilizaron listones graduados.

- Número de hojas totales.

Se define como el número total de hojas que posee la plántula en toda su longitud. En los lisímetros se hicieron 7 mediciones y en los ensayos de campo 5.

- Clorofila de la hoja.

A diferencia de los casos anteriores, en que el control de caracteres se hacía en cada planta, en el caso de la clorofila sólo se controlaba una planta por lisímetro o en el caso del campo una planta por bloque, siempre elegida al azar.

Así, se realizaron seis mediciones en la sexta hoja, tomada desde la base, y cuando esta se secó, se realizaron controles en la hoja de inserción de la mazorca.

El aparato utilizado fue el SPAD 502 (Minolta) que tiene 2 diodos, los cuales al entrar en contacto con la hoja nos dan una medida directa.

2.3.1.2 Caracteres de Planta.

- Floración masculina

Se define como el número total de días desde la siembra hasta la aparición de las anteras en, al menos, el 50% del total de plantas de la parcela.

- Altura de la planta

Se define como la distancia desde la base del tallo en el suelo hasta la hoja bandera o banderola, medida en cm. Las mediciones deben realizarse después de la floración, cuando la planta ha finalizado su máximo desarrollo vegetativo.

- Altura de mazorca.

Se define como la distancia desde la base del tallo en el suelo hasta el nudo de inserción en el tallo del pedúnculo de la mazorca superior, medido en cm. Se siguen los mismos criterios que en el carácter anterior.

- Número de hojas

Se define como el número total de hojas que posee la planta en toda la longitud del tallo, desde la base en el suelo, hasta el nudo de inserción de la hoja bandera o banderola.

- Hoja de inserción.

Se define como el número ordinal de la hoja que posee la planta desde la base del tallo, en el suelo, hasta la de inserción del pedúnculo de la mazorca superior en el tallo.

- Diámetro del tallo.

Solo se midió una vez cuando ya estaba la planta seca, en estado adulto, en el segundo entrenudo.

- Longitud de hoja.

Se define como la longitud de la hoja desde el ápice hasta su inserción en el tallo, expresado en cm. Se midió la longitud de la hoja de la mazorca principal, de las hojas superior e inferior a la

mazorca, utilizando una cinta métrica. Las mediciones fueron tomadas después de completar la planta su desarrollo vegetativo, como en los caracteres anteriores.

- Anchura de la hoja.

Se define como la anchura medida en el punto medio de la hoja, y se expresa en cm. Como en el parámetro anterior, se midieron las hojas de inserción de la mazorca, la superior y la inferior.

- Superficie de la hoja.

Después de medir la longitud y la anchura de las hojas, y a partir de sus valores, se estimó el área de la hoja como el producto de su longitud por su anchura máxima, y multiplicado por 0,75. Se expresa en cm^2 .

2.3.1.3 Caracteres de mazorca y grano

- Longitud de mazorca.

Se define como la longitud total de la mazorca, desde el ápice hasta la base, medida en cm. Su determinación se efectuó mediante regla graduada.

- Diámetros superior, medio e inferior de la mazorca.

Se define como los diámetros externos de la mazorca en sus puntos superior, medio e inferior, medidos en mm. Para su medida se utiliza un calibrador graduado en mm.

- Número de filas.

Se realizó el conteo de filas de granos en la parte media de la mazorca.

- Número de granos por fila.

Se realizó el conteo de los granos existentes en una fila media.

- Peso de la mazorca.

Se calculó la media del peso de mazorca de cada lisímetro y de cada bloque, expresando su peso en gramos.

Para tomar dicha medida se utilizó una balanza de precisión (+/- 0.1 g).

- Peso total de las mazorcas.

Se pesaron las mazorcas de cada lisímetro y de cada bloque expresando su peso en gramos.

- Peso total de los granos.

Es el peso de los granos una vez separados del zuro, expresando su peso en gramos.

- Peso de 100 semillas.

Es el peso de 100 semillas, expresado en gramos.

2.3.2 Determinación de la producción.

2.3.2.1 Caracteres de rendimiento.

- Peso de mazorca fresca.

Fracción del peso total correspondiente a mazorcas tras su recolección. Se expresa en Kilogramo.

- Porcentaje grano.

Expresa en peso la relación de grano de cada mazorca (%).

$$\text{Porcentaje de grano} = \frac{\text{Peso grano}}{\text{Peso de la mazorca}} \times 100$$

- Rendimiento de grano.

Cantidad de grano expresado en Kg ha⁻¹, y ajustado al 14% de humedad.

$$\text{Rendimiento} = \frac{(100 - \% \text{ Humedad}) \times \text{Porcentaje grano} \times \text{peso parcela}}{8.600} \times K$$

$$K = 666,66 (10.000 \text{ m}^2 / 15 \text{ m}^2 / \text{parcela})$$

- Humedad grano.

Se refiere al tanto por ciento de humedad que contiene el grano de la mazorca en el momento de la recolección. Su valor se obtiene mediante un analizador de grano, marca Didkey-John GACIII, en el cual se introduce una cantidad de granos procedentes de las 8 mazorcas elegidas para evaluar los restantes caracteres. La muestra de granos se toma totalmente al azar.

- Peso hectolítrico del grano.

Parámetro que define la densidad del grano. Se determina a través del mismo aparato analizador descrito y puede utilizarse la misma muestra de grano.

- Encamado de raíz.

Número total de plantas tumbadas o inclinadas más de 45° con respecto a la vertical.

- Encamado de tallo.

Número total de plantas quebradas por debajo de la mazorca superior.

- Porcentaje de encamado.

Expresa en % el encamado de raíz o lo que es igual, el número total de plantas inclinadas más de 45° con respecto a la vertical, más el encamado del tallo o número total de “plantas tronchadas” por debajo de la mazorca superior, en relación con el número de plantas totales de la parcela.

2.3.2.2 Caracteres de biomasa.

- Peso total de la planta en fresco.

Es el valor correspondiente al peso total de las plantas existentes en cada lisímetro. En el caso del ensayo de campo es el valor correspondiente al peso total de 10 plantas, elegidas al azar en cada bloque. El material fue pesado en el mismo momento de la recolección.

- Peso fresco de tallos más hojas.

Es el peso correspondiente a la fracción total de tallos y hojas de las plantas enteras, una vez separadas de sus mazorcas. De igual modo, los tallos y las hojas eran pesados inmediatamente después de la recolección, y su valor se expresa en gramos.

- Peso fresco de mazorca.

Es fracción del peso total correspondiente a las mazorcas tras su recolección. Se expresa en gramos.

- Peso seco del tallo y de las hojas.

Es el peso correspondiente a la fracción total de tallos y de hojas de las plantas enteras una vez eliminadas las mazorcas. El material estuvo durante cuatro meses secándose en un secadero controlado. Su peso se expresa en gramos.

- Peso seco de mazorca.

Es el peso de la fracción de la planta correspondiente a las mazorcas después de eliminar el correspondiente porcentaje de agua mediante desecación a 36°C durante 20 días. El peso se expresa en gramos.

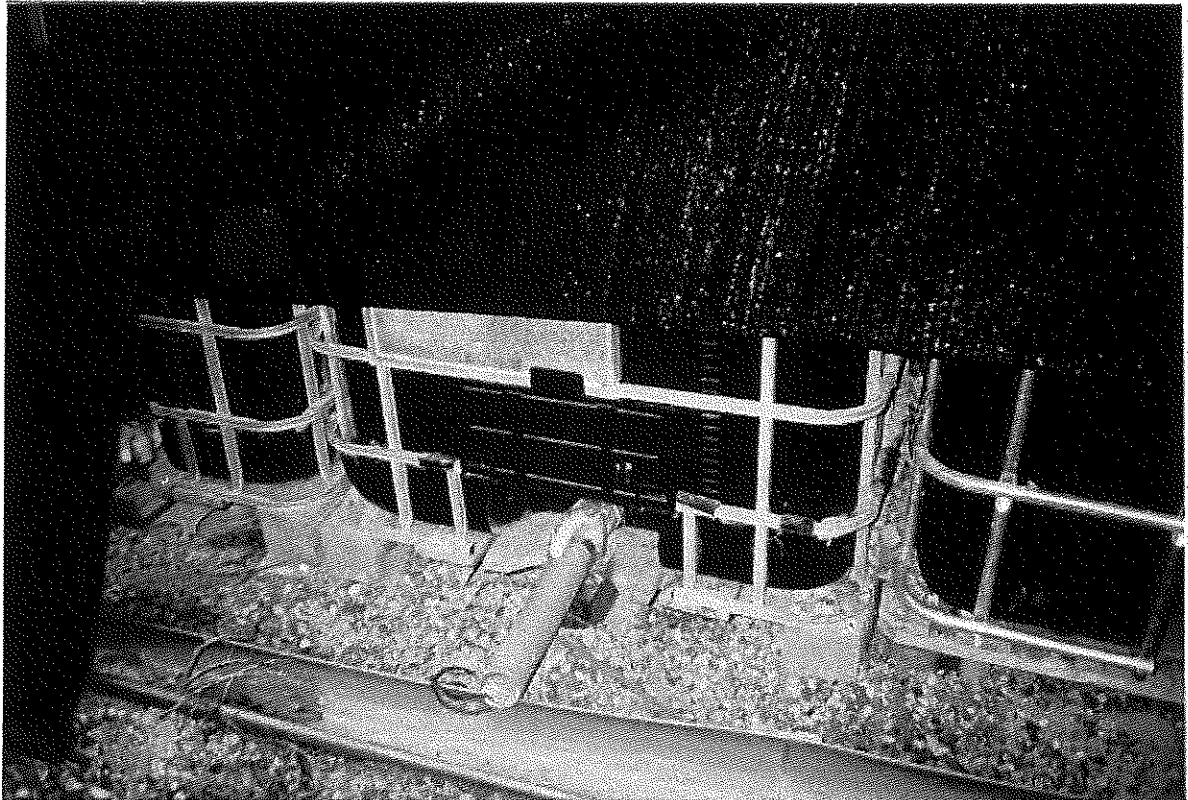
2.3.3 Otras determinaciones.

2.3.3.1 Control de lixiviado.

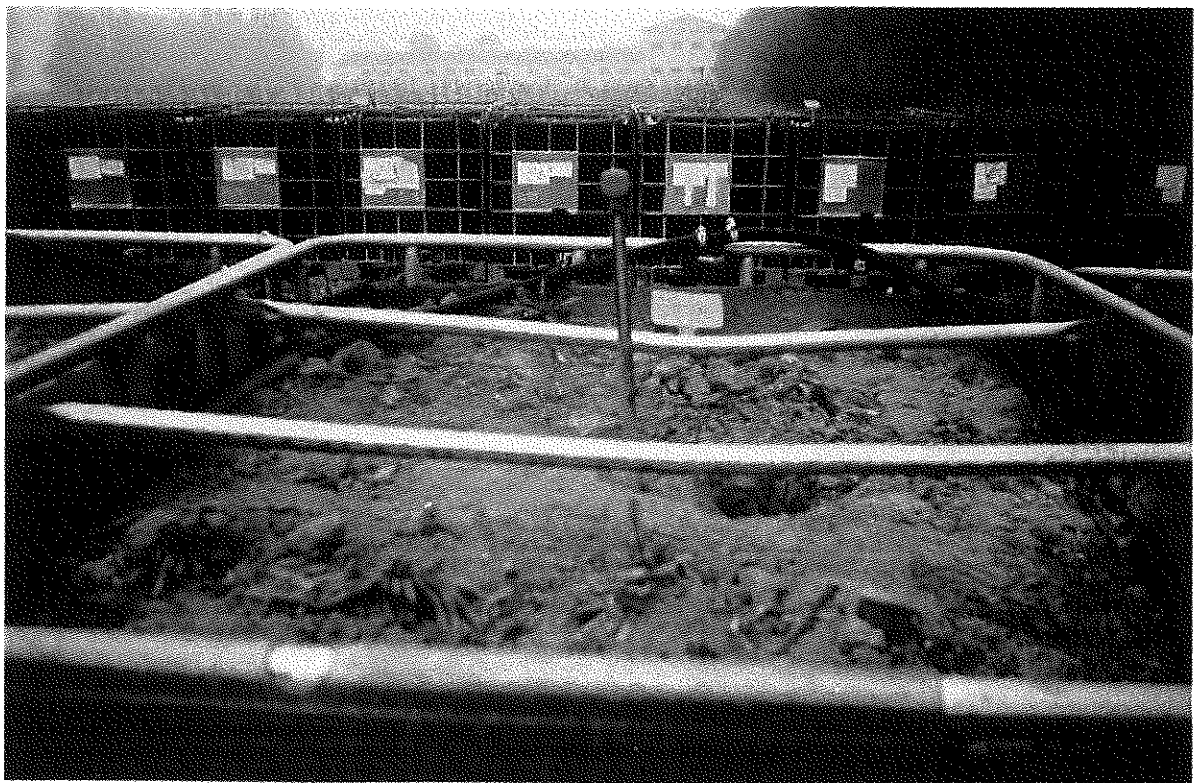
Se realizaron 4 tomas de muestras. En cada medición se tomaba una muestra de lixiviado en cada lisímetro, en los cuales se extraía el agua sobrante del riego anterior más la cantidad de lluvia caída hasta la fecha.

También se controlaba la cantidad, en peso, de lixiviado extraída en cada lisímetro.

En la siguiente foto se aprecia el sistema de evacuación de los lixiviados y canalón para medir la cantidad de lixiviados extraídos de cada lisímetro.



2.3.3.2 Temperatura del suelo.



Se colocaron dos termómetros de suelo, uno en los contenedores y otro en el ensayo de campo para poder comparar las diferencias de temperatura que pudiera haber entre los dos ensayos.

En la foto se ve el termómetro que se colocó en los contenedores.

2.4 TÉCNICAS ANALÍTICAS.

2.4.1 Análisis de hojas.

Para obtener un diagnóstico nutricional de un cultivo con los valores obtenidos en su análisis foliar, sería necesario hacer estudios específicos para cada cultivo y para cada zona. Por lo tanto, lo que se pretende con estos análisis es hacer una comparación entre los resultados obtenidos con los distintos tratamientos aplicados y no tratar de encontrar el balance óptimo para una cosecha máxima, ya que la concentración de nutrientes en la hoja varía de unas hojas a otras y depende también de la época de desarrollo en que se encuentra la planta.

2.4.1.1 Preparación de las muestras.

Cuando ya estaba toda la planta seca, en el tiempo de recolección de la mazorca, es cuando se recogieron las hojas de inserción de la mazorca principal para su posterior análisis en laboratorio. Después de su muestreo, se metieron en bolsas de papel .

En el laboratorio se lavaron las hojas para eliminar contaminantes, con detergente al 1%, utilizando Mistol por su idoneidad al no contener fosfatos. Hay que aclarar con agua abundante, y finalmente volver a aclarar con agua destilada.

Una vez limpias, se cortan a trozos y se ponen en bandejas para meterlas a una estufa a 60 °C. Se dejan en la estufa unos 4 – 5 días hasta peso constante.

Finalmente se muelen las hojas y se pasa por el tamiz. La muestra tamizada se guarda en botes de plástico hasta el momento de su análisis.

Las hojas las analizaron en el laboratorio de análisis del Departamento de Nutrición de la Estación Experimental de Aula Dei.

2.4.1.2 Absorción atómica.

Este fue el método empleado para el análisis de Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn. La espectroscopía de absorción atómica es una técnica analítica que utiliza el método de llama pero mide los átomos que permanecen sin excitar.

Los espectrofotómetros de absorción atómica poseen una fuente de luz característica del elemento que quiere medirse que se denomina de cátodo hueco. Estas lámparas consisten en un ánodo de tungsteno y un cátodo cilíndrico, sellado en un tubo lleno de neón o argón a una presión determinada. El cátodo está construido con el elemento cuyo espectro se desea obtener. Están construidas con el mismo elemento que quiere medirse y cuando se excitan sus átomos componentes producen un vapor que da un rayo de luz monocromática de la misma longitud de onda a la que se excita el metal que va a medirse. La principal desventaja de este tipo de lámparas es la necesidad de una lámpara distinta para cada elemento que se analiza. Por esto, la lámparas más utilizadas son las llamadas lámparas multielementales, cuyo cátodo contiene dos o más elementos diferentes y por tanto emite diferentes líneas de resonancia de estos elementos.

Para cuantificar se hace una recta de calibrado con soluciones patrón adecuadas. La lectura de la concentración de los elementos se realizan precalibrando la escala de lectura con soluciones patrón adecuadas para cada elemento. Se aplica la ley de Beer, que relaciona linealmente la concentración y la absorbancias, se sigue sólo de forma aproximada y en general las curvas de calibrado tienden a aproximarse asintóticamente al eje de concentraciones.

2.4.1.3 Análisis del nitrógeno.

El aparato empleado para el análisis del nitrógeno fue el NA 2100 Protein Analyzer, basado en el método Dumás de combustión. Es un instrumento que consta de un horno de calcinación y de un cromatógrafo de gases. Con este aparato se obtiene el nitrógeno total mediante la calcinación de la muestra y posterior vaporización, luego este gas es reconocido en la columna y detectado en el detector del cromatógrafo.

Las muestras son colocadas en un horno de inducción y calentadas a temperaturas superiores a 900 °C en una corriente de CO₂ o He. Los óxidos de nitrógeno que se generan se pasan a través

de CuO calentado para convertir los óxidos a nitrógeno gas. El N₂ gas se mide por conductividad térmica. Estos aparatos de medida procesan una muestra cada 8 ó 10 minutos.

Correlaciones muy altas ($\sigma^2 = 0,92^{**}$) han sido halladas entre medidas realizadas con aparatos basados en este procedimiento y el método Kjeldahl.

2.4.2 Análisis de lixiviado.

2.4.2.1 Recogida de las muestras.

Se recogieron cuatro muestras de lixiviado a lo largo de todo el ciclo de cultivo.

Primera: 23 de junio

Segunda: 2 de agosto

Tercera: 18 de agosto

Cuarta: 13 de septiembre

La metodología utilizada para la recogida de muestras y posterior análisis fue la siguiente:

Antes de recoger la muestra se dejaba salir la primera parte de agua lixiviada y después de haber cogido la muestra, se abría el grifo del contenedor para dejar salir toda el agua acumulada que había drenado. Las muestras de lixiviado siempre se recogieron antes del riego.

2.4.2.2 Preparación de las muestras.

A.- Una vez recogidas las muestras correspondientes a todos los macetones y perfectamente identificadas se congelan.

B.- *Proceso de filtrado.* En primer lugar se centrifugaban las muestras y de esta forma las partículas disueltas que pueda haber en el agua se posan o se quedan adheridas a las paredes del tubo de ensayo.

Una vez centrifugadas las muestras se recoge el sobrenadante con cuidado para que no se arrastren las partículas que se han sedimentado. El sobrenadante se introduce a la jeringuilla a la que está acoplada un filtro, y de esta forma se filtra. Lo filtrado se va echando a otro bote que estará perfectamente identificado. Luego se congela.

Cada una de las muestras se dividieron en tres alícuotas de pequeño volumen para una congelación y descongelación más rápida.

C.- Antes de analizar las muestras en el aparato de electroforesis, se sonicán durante tres minutos para eliminar las burbujas y homogeneizar la disolución.

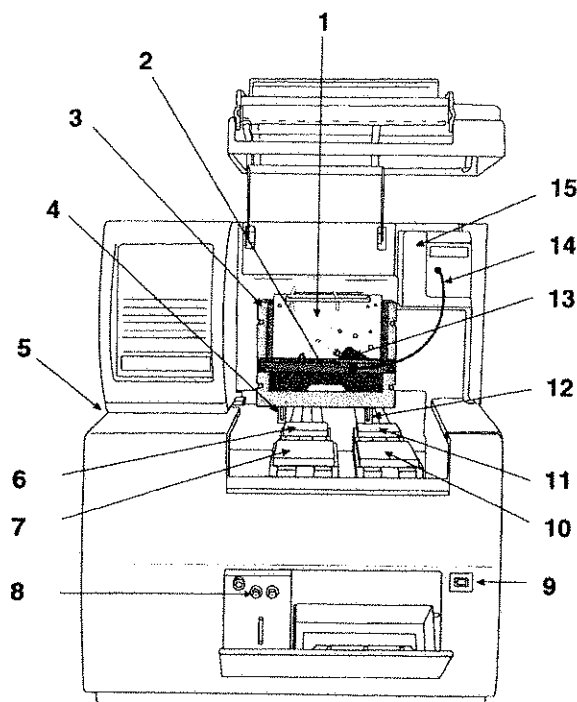
2.4.2.3 Electroforesis capilar.

La electroforesis capilar es una técnica de separación que se basa en la interacción de un campo eléctrico con una partícula cargada. Los compuestos inyectados en un extremo del capilar se separan según su movilidad bajo el efecto de un campo eléctrico.

1. Descripción del aparato.

El equipo de Electroforesis capilar utilizado para la realización de este trabajo ha sido un "PACE MDQ" (Beckman). El instrumento consta de bandeja que contiene viales de muestra, tampón y otras disoluciones, un bloque de conexión, una fuente de alimentación de alto voltaje y electrodos, un módulo de fuentes ópticas y un detector, equipo de control de temperatura y un mecanismo de inyección de muestra. En el siguiente dibujo se puede apreciar el aparato utilizado.

FIGURA 8. Esquema del aparato de electroforesis capilar.



- | | |
|--|--|
| 1. Módulo de fuentes ópticas con lámpara de Deuterio | 9. Interruptor de corriente |
| 2. Barra de inserción | 10. Bandeja de tampón del extremo de salida |
| 3. Bloque de conexión | 11. Bandeja de muestra del extremo de salida |
| 4. Electrodo de alto voltaje | 12. Electrodo con descarga a tierra |
| 5. Fuente de alimentación de alto voltaje (dentro) | 13. Cartucho del capilar |
| 6. Bandeja de muestra del extremo de entrada | 14. Cable de fibra |
| 7. Bandeja de tampón del extremo de entrada | 15. Detector |
| 8. Puertos de llenado de refrigerante | |

2. Metodología seguida.

A. Disoluciones patrón para la preparación de las rectas de calibrado.

Las disoluciones patrón que se emplearon para este trabajo, se prepararon a partir de los siguientes compuestos:

- Cloruro: Cloruro de sodio (NaCl del 99,5% de pureza, Panreac).
- Sulfato: Sulfato de magnesio heptahidratado ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ del 98 – 99 % de pureza, Panreac).
- Nitrato: Nitrato potásico (KNO_3 del 99 % de pureza, Panreac).

- Fosfato: Dihidrogeno fosfato de potasio (KH_2PO_4 DEL 99 –100 % de pureza, Panreac).

Se preparó una disolución madre de 1000 mg/l con todos los aniones, a partir de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 mg/l. Para todas las disoluciones se empleó agua Milli-Q.

B. Acondicionamiento de la columna capilar.

Antes de cada sesión analítica es preciso el acondicionamiento del capilar con objeto de reproducir las condiciones de trabajo.

El flujo electroosmótico se origina por la ionización de los grupos silanol de la superficie interna del capilar. Para que esta situación sea reproducible, en cada sesión analítica deben de conseguirse en la columna las mismas condiciones; esto se logra mediante la purga del capilar con una disolución alcalina (NaOH 0,5N) a 20 psi durante 5 minutos. El medio básico favorece la ionización total de los grupos silanol de la pared del capilar, lo que contribuye a que se alcancen en la columna, al comienzo de cada sesión de trabajo unas condiciones muy similares.

A continuación se procede a purgar la columna con agua durante 2 minutos y luego con electrolito de trabajo durante 5 minutos para asegurar el llenado y estabilización del capilar, ambas purgas se realizan a una presión de 20 psi. En el extremo de elución se mantiene el mismo vial de recogida para todas las purgas, que denominamos “vial de desecho”.

El método de trabajo seguido fue el desarrollado por Heredero (2000) que tenía las siguientes condiciones de trabajo:

- 1- Electrolito de trabajo: Na_2CrO_4 (en sulfúrico).
- 2- PH de trabajo: 8
- 3- Voltaje de trabajo: 20Kv.
- 4- Generador de alto voltaje: Negativo.
- 5- Temperatura de trabajo: 25°C.
- 6- Modo de inyección: Hidrodinámico con aplicación depresión en el extremo de entrada del capilar.
- 7- Tiempo de inyección: 10s.
- 8- Columna capilar: $D_i = 75 \mu\text{m}$; $L = 80\text{cm}$.
- 9- Tiempo de purga: 6 min.
- 10- Tiempo de desarrollo electroforético: 8 min.

11- Tiempo total de análisis: 14 min.

C. Preparación del electrolito.

La finalidad del electrolito de trabajo es conseguir que el medio posea la conductividad eléctrica necesaria para la realización del corrido electroforético. La sal elegida (cromato de sodio) aporta una absorción de fondo intensa y constante, que no interfiere en la determinación de los diferentes analitos estudiados, permitiendo su determinación por absorvancia indirecta. Cada pico (negativo) corresponde al paso de una especie concreta, que origina una ventana de transparencia en la absorción de fondo continua, susceptible de ser detectada por el fotomultiplicador.

Para la preparación de la disolución patrón de electrolito se utilizaron 23,41 gramos de cromato de sodio tetrahidratado () y 68 ml de ácido sulfúrico ()10 mM, enrasado a 500 ml con agua Milli-Q. Esta disolución se puede conservar en recipiente de vidrio opaco y permanece estable alrededor de un año.

El electrolito empleado para el trabajo se preparaba en cada sesión de análisis a partir de 100 ml y se enrasaba con agua Milli-Q. Se añaden 2 ml de surfactante OFM Anión –BT.

Water Cromatografía S.A y 2 ml de electrolito concentrado en un matraz aforado de 100 ml y se enrasa con agua Milli-Q. El pH de ésta disolución se sitúa alrededor de 8.

2.4.3 Muestreo de suelo.

En el ensayo de los contenedores o lisímetros se realizaron dos muestreos de suelo. En el primero, llevado a cabo antes de la fertilización, la metodología fue la siguiente: se tomaron muestras en un punto del contenedor, a dos profundidades distintas (0 – 30 cm, y 30 – 60 cm). Esta operación se repitió en cada uno de los contenedores.

El segundo muestreo tuvo lugar una vez terminado el ciclo de cultivo. El proceso fue similar al primer muestreo, se tomaron muestras en cada contenedor, una a profundidad de 0-30 cm y otra a 30-60 cm.

En el ensayo de campo sólo se hizo un muestreo después de la recolección, y se tomaron dos muestras de cada tratamiento, una de 0 a 25 cm y otra de 25 a 50 cm. Las muestras se cogieron siempre entre el surco tercero y cuarto y en los bloques de mayor densidad de siembra.

2.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS.

En primer lugar, y a partir de los datos experimentales tomados en el campo y en el laboratorio, se hicieron los análisis individuales para cada uno de los ensayos y para cada uno de los tratamientos. En el ensayo de campo, también se hicieron para cada una de las densidades, de las repeticiones, de los tratamientos y de la combinación entre los distintos tratamientos y de las dos densidades.

Se ha realizado una descriptiva basada en los caracteres morfológicos, de producción, lixiviado, temperatura del suelo, análisis de hojas y análisis de suelo definidos en apartados anteriores. Para ello, se han calculado los estadígrafos de media central y de dispersión más relevantes, tales como error estándar, valores máximo y mínimo, y el valor del rango y, finalmente, el coeficiente de variación. También se hicieron comparaciones múltiples entre las poblaciones con el método DMS, al nivel de 5% de probabilidad y se analizaron las diferencias entre estas poblaciones mediante un análisis de varianza, también llamado ANOVA. Finalmente se compararon los resultados con el test de DUNCAN.

A partir de los resultados de los dos ensayos, se ha realizado un análisis combinado conjunto, y con la misma sistemática descriptiva que se ha utilizado en los análisis previos.

Para la realización de los análisis estadísticos se ha utilizado el programa estadístico SPSS.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 DESCRIPCIÓN DE LAS PARCELAS

3.1.1 Contenedores para el estudio del lixiviado.

El suelo de relleno de los lisímetros se obtuvo de una parcela agrícola próxima al casco urbano de Montañana que iba a ser edificada. Estaba situada en una zona llana de regadío.

Se trata de un suelo sin piedras en superficie, desarrollado sobre materiales de origen aluvial y cuyos caracteres más relevantes de los horizontes genéticos son los siguientes:

A_p 0-28 cm. Horizonte laboreado, húmedo, bien drenado, textura franco-arcillosa y pocos elementos gruesos de litología caliza.

B_{1k} 28-83 cm. Húmedo, bien drenado, textura franco-arcillosa con pocos elementos gruesos. Acumulaciones de carbonato cálcico vermiformes y distribuidas por todo el horizonte.

B_{2k} 83-110 cm. Húmedo, bien drenado, textura franca y con abundantes elementos gruesos. Ligeramente cementación por carbonato cálcico.

C >110 cm. Gravas de tamaño medio y no cementadas.

Una vez instalado el suelo en los lisímetros, se tomaron al azar muestras del suelo de 4 lisímetros, antes de realizar el abonado de fondo y con una profundidad de todas ellas entre 0 y 30 cm.

Los resultados analíticos se recogen en el Cuadro 16.

CUADRO 16.- Caracterización físico-química del suelo de los lisímetros

	Lisímetro n° 2	Lisímetro n° 7	Lisímetro n° 2.4	Lisímetro n° 2.7
TEXTURA (USDA), % :				
Arena 0,050<D<2,000 mm	21,61	19,92	31,04	39,56
Limo grueso ,020<D<0,050 mm	12,89	11,68	13,69	12,73
Limo fino 0,002<D<0,020mm	32,92	37,08	29,86	26,65
Arcilla D<0,002 mm	32,58	31,32	25,41	21,06
Clase textural:	Franco- Arcillosa	Franco-Arc.- Limosa	Franca	Franca
FERTILIDAD QUÍMICA:				
C.E. 1:5, (dS/m a 25°C)	0,54	0,17	0,26	0,17
pH al agua 1:2,5	8,01	8,15	8,20	8,17
Materia orgánica , %	1,71	2,08	1,94	2,35
Carbonatos totales, %	32,74	33,38	34,84	36,51
Caliza activa, %	9,00	9,60	6,90	6,20
Fósforo (P Olsen) ppm	9,41	6,33	7,21	6,03
Potasio (K ext.NH ₄ Ac01N) ppm	114,00	134,00	112,00	100,00
Magnesio, meq/100 g suelo	1,73	1,77	1,52	1,15
MICROELEMENTOS ASIMILABLES				
Hierro, ppm	26,44	22,80	23,38	32,94
Manganeso, ppm	13,52	11,22	11,48	15,40
Cobre, ppm	1,08	1,22	1,08	1,10
Cinc, ppm	1,22	1,72	1,50	1,10

3.1.2 Ensayo de Campo.

Los horizontes genéricos de la parcela J-6 donde se realizó el ensayo de campo, dieron los siguientes resultados:

Roca madre: Sedimentos aluviales río Gállego.

Variabilidad del perfil: Grande. Ha sufrido grandes nivelaciones.

Horizontes:

A_p 0-34 cm. Muy escasas raíces. Sin fauna. Transición difusa oscilante. Se aprecia algún abigarramiento de color de tierra de otros horizontes. Pedregosidad 1% Graviliosidad 2%. Humedo. De textura franco – arcillosa. Poco plástico y pegajoso. Estructura subpoliedrica. Abundan los poros y canaliculos.

A_p / B 34-70 cm. No se aprecia ni raíces ni fauna. Transición neta y horizontal. Se aprecia algún depósito de caliza y de materia organica en galerias de lombriz. Pedregosidad 2%. Graviliosidad 2%. Fresco de humedad. Textura franco – arcillosa. Poco plástico y pegajoso. Estructura de subpoliedrica a poliédrica. Compacidad III. Escasos poros, algún canaliculo.

B 70-93 cm. Transición horizontal, difusa con el interior. Depósitos de caliza; alguno de materia orgánica en los canaliculos de lombriz. Pedregosidad 1%. Graviliosidad 2%. Húmedo. Franco – arcilloso – arenoso. Poco plástico y pegajoso. Estructura subpoliedrica. Compacidad II. Algún poro y canaliculo de lombriz.

B/Ca 93-112 cm. Transición horizontal difusa con el interior. Depositos muy abundantes de caliza. Pedregosidad 15%. Graviliosidad 10%. Húmedo. Franco – arcilloso – arenoso. Estructura migajosa. Suelto. Abundan los poros y canaliculos.

Ca/D 112-130 cm. Abundancia de restos de lombriz. Transición neta y horizontal. Depósitos de caliza muy abundantes. Pedregosidad 30%. Graviliosidad 20%. Húmedo. Franco arcilloso – arenoso. Suelto con húmedo.

D > 130 cm. Se aprecia restos de lombriz. Sedimentos de terrazas del río Gállego. Abundantes cantos rodados de idéntica composición a los descritos en AD-2. Igualmente se aprecia restos de cemento – calizo recubriendo los cantos pero sin llegar a formar costra caliza.

En el campo, se cogieron 5 muestras de suelo al azar, cada una a diferente profundidad ; y dieron los siguientes resultados:

CUADRO 17. Caracterización físico – química del suelo del ensayo de campo.

	PROFUNDIDAD				
	0-34	34-70	70-93	93-112	112-130
TEXTURA (USDA), %:					
Arenas gruesas	9,9	6,3	11,9	8,9	8,5
Arenas finas	18,0	14,1	25,9	25,9	34,3
Arenas muy finas	9,0	13,5	10,8	10,8	11,3
Limo grueso	13,2	20,3	13,9	13,9	14,6
Limo fino	16,9	13,5	9,2	9,2	7,5
Arcilla	32,8	32,2	31,3	31,3	23,7
FERTILIDAD QUIMICA:					
PH al agua	7,9	8,0	8,0	7,9	7,8
Carbonatos totales, %	30,7	32,1	32,2	38,6	23,5
Caliza activa, %	12,2	11,9	11,5	10,3	6,1
Nitrogeno total, %	0,114				
Carbono, %	0,7	0,6	0,4	0,3	0,2
Materia orgánica, %	1,2	1,0	0,6	0,5	0,4
Relación C/N	6,1				
Fósforo asimilable, mg/100 gr	3,0	1,0	1,8	0,8	
Potasio asimilable, mg/100 gn	23,0	12,5	10,5	7,5	7,0
Sales 1/5, mmhos/cm2	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7

3.2 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA DE RIEGO

Los análisis realizados al agua que se suministraba a los lisímetros presentaba las características que se señalan en el Cuadro 18.

CUADRO 18. Caracterización química del agua de riego.

SALINIDAD:	
Conductividad eléctrica, dS/m a 25° C	1,40
ANIONES:	
Bicarbonatos, meq/l	4,24
Cloruros, meq/l	7,40
Sulfatos, meq/l	5,38
CATIONES:	
Calcio, meq/l	8,76
Magnesio, meq/l	3,33
Sodio, meq/l	5,39
Potasio, meq/l	0,05
VARIOS:	
Reacción, pH	7,64
Relación de Adsorción de sodio (S.A.R.)	2,19
Nitratos,(NO ₃ -N), mg/l	5,84
Potasio, (K) mg/l	1,96

El agua analizada tiene una salinidad ligeramente alta, pero es apta para el riego. Es interesante utilizar una alta frecuencia de riegos, debiendo incluir una fracción de lavado del orden del 10-20%.

No existe riesgo de alcalinización, ya que el tipo de sales presentes con predominio de las de calcio y magnesio determina una relación de adsorción de sodio que no es alta.

La reacción del agua (pH) se encuentra dentro de los valores considerados como normales en aguas de riego.

El contenido de nitrógeno como nitratos, fósforo, potasio y microelementos se encuentran dentro de los valores normales en aguas de riego.

Por cada 1000 m³/ha de agua suministrados, se han aportado 6 kg/ha de nitrógeno (N), y 2 kg/ha de potasio (K₂O), directamente asimilables.

3.3 DATOS CLIMATOLÓGICOS

Los datos climatológicos corresponden al período de tiempo comprendido entre Abril y Octubre de 1999, han sido tomados en la estación climatológica de Aula Dei, situada en las proximidades del ensayo. Los datos se muestran a continuación en el siguiente cuadro y figura:

CUADRO 19. Datos climatológicos durante el ciclo vegetativo de los ensayos.

MES	Pluviom. (mm)	T ^a máx.	T ^a mín.	T ^a med.
ABRIL	45,6	20,3	7,3	13,8
MAYO	34,8	26,1	12,0	19,1
JUNIO	17,3	29,0	13,2	21,1
JULIO	27,8	33,0	17,0	25,0
AGOSTO	13,8	32,0	17,1	24,6
SEPTIEMBRE	53,0	27,3	13,5	20,4
OCTUBRE	40,3	21,2	9,3	15,3
ANUAL	232,6	27,0	12,8	19,9

FIGURA 9. Temperaturas máximas y mínimas durante el ciclo vegetativo.

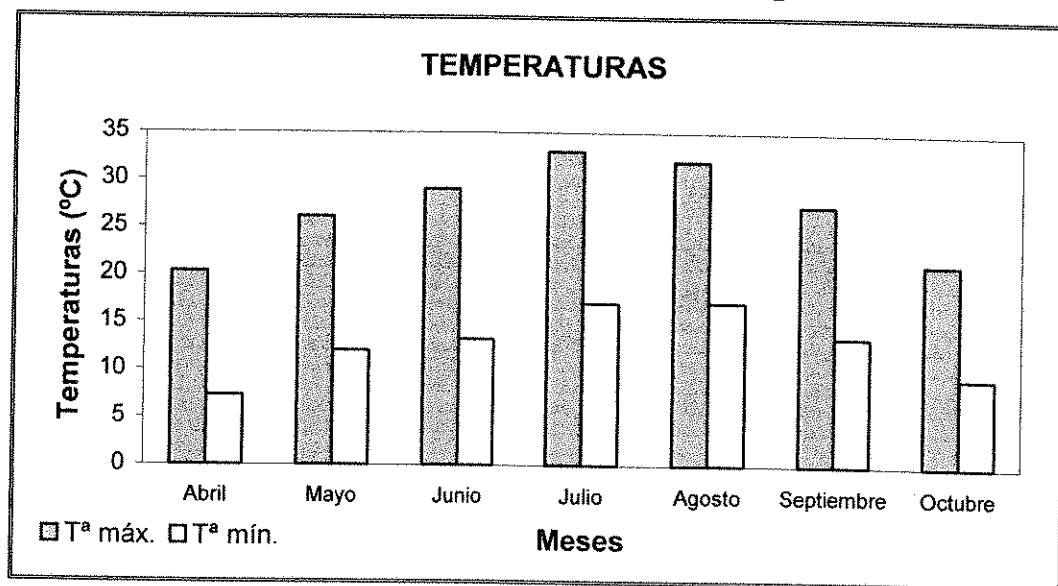
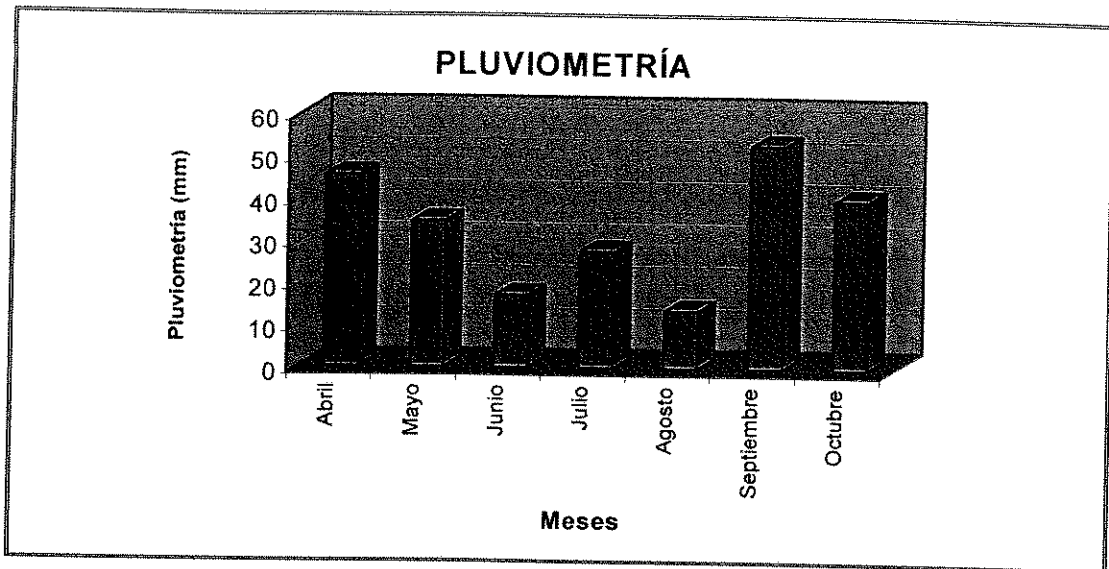


FIGURA 10. Pluviometría durante el ciclo vegetativo del maíz.

3.4 CARACTERIZACIÓN DEL PURÍN

De los análisis realizados en el laboratorio al purín aplicado en los dos ensayos se obtuvieron los siguientes resultados:

CUADRO 20. Determinación de parámetros físicos. Materia seca y materia orgánica.

PARAMETROS	PURÍN MACETONES	PURÍN CAMPO
pH	7,20	7,75
Densidad (g/l)	1032	1036
Cond. Electrica (mS)	68,65	56,97
Materia Seca (% en peso)	10,77	5,37
Materia Seca (Kg MS/m ³)	111,19	55,66
Mat. Orgánica (Kg MO/m ³)	24,02	13,36
N orgánico (%)	0,250	0,126
N organico (Kg/m ³)	2,58	1,31
N amoniacal (%)	0,518	0,455
N amoniacal (Kg/m ³)	5,35	4,71
N total (%)	0,768	0,455
N total (Kg/m ³)	7,93	6,02

CUADRO 21. Análisis de elementos minerales mediante ICP.

PARAMETROS	PURÍN MACETONES	PURÍN CAMPO
Fósforo (Kg/m ³)	1,55	1,38
Potasio (Kg/m ³)	2,12	1,72
Magnesio (Kg/m ³)	1,01	0,55
Calcio (Kg/m ³)	1,01	0,55
Hierro (g/m ³)	181,99	111,67
Cobre (g/m ³)	42,69	—
Zinc (g/m ³)	165,54	64,81
Manganeso (g/m ³)	41,82	25,53
Níquel (g/m ³)	2,04	1,21
Sodio (g/m ³)	454,26	464,32
Aluminio (g/m ³)	76,66	83,35
Boro (g/m ³)	6,28	4,27

3.5 CARACTERES MORFOLÓGICOS

3.5.1 Ensayo en contenedores.

3.5.1.1 Caracteres de plántula.

ALTURA

El estudio de la evolución de la altura de plántula (desde los 35 días a los 77 días), a lo largo de todo el ciclo vegetativo (Cuadro 22) es claramente ascendente en todos los tratamientos, observadas desde el tratamiento sin abono (Dosis 0) hasta el tratamiento Dosis 120.

En el análisis de la altura, en cada una de las fechas de muestreo, se puede apreciar cómo a los 35 días de la siembra, el tratamiento que presenta el mayor crecimiento es la Dosis 60, con diferencia significativa con el resto de tratamientos. La menor altura de planta corresponde al abonado mineral y a la Dosis 0, con diferencia significativa con el resto.

A los 42 días, no se aprecian diferencias con respecto al primer control, ya que la Dosis 60 sigue siendo el valor más alto y el abonado mineral es más bajo, el único cambio es que hay menor diferenciación de altura entre los tratamientos.

A los 49 días el mayor valor es la Dosis 120 seguido de la Dosis 60, 60+turba y Dosis 30; el valor mínimo es la Dosis 0.

A los 56 días, el valor máximo es la Dosis 120, seguido de la Dosis 60, el mínimo continúa siendo la Dosis 0.

A los 63 días el máximo valor lo presenta la Dosis 120 (244 cm) seguido de Dosis 30 (242 cm), y el mínimo es la Dosis 0.

A los 73 días, el máximo valor lo presenta la Dosis 120, seguido de Dosis 30, el valor mínimo continúa siendo la dosis 0 con 179 cm.

Y a los 77 días, el máximo valor lo presenta la Dosis 120, seguida de la Dosis 30 sin diferencias significativas de los tratamientos de mineral, Dosis 60 y 60+Turba. El mínimo sigue siendo la Dosis 0.

Resumen, cabría señalar que en los dos primeros muestreos (35 días y 42 días), el valor más alto de altura está en la dosis 60, del tercer muestreo hasta el final (día 77), el máximo valor de altura de plántula lo presenta la Dosis 120.

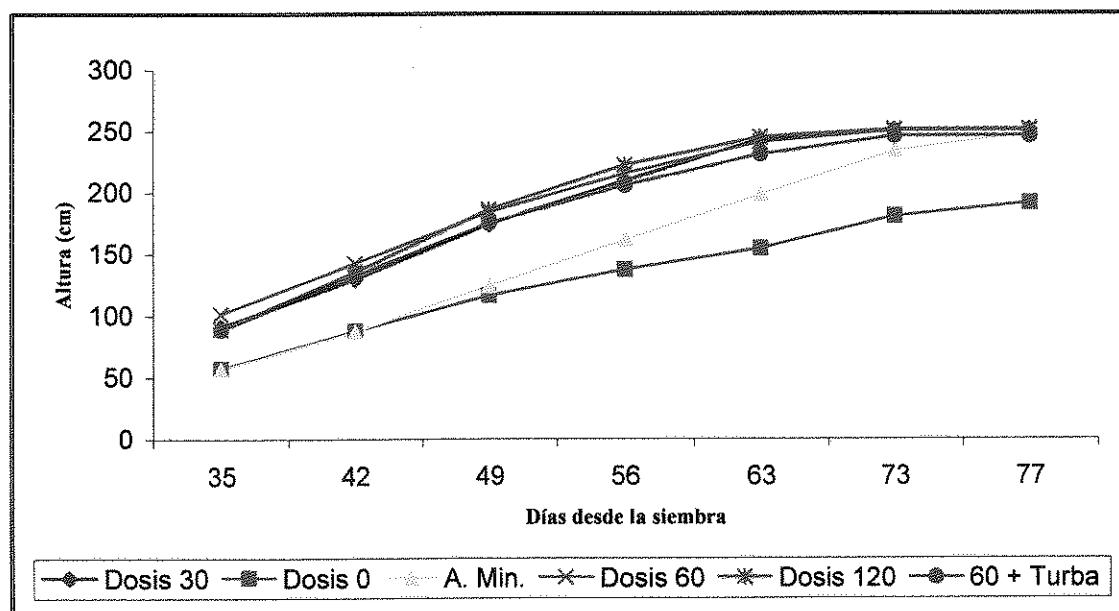
De igual modo con respecto a los valores mínimos, los presentan la Dosis 0 y el abonado mineral, a lo largo de todo el ciclo estudiado. Sin embargo, a partir del cuarto muestreo el abonado mineral tiene una cierta recuperación, y el tratamiento sin abonado presenta los valores mínimos.

Desde el punto de vista de planta medida en altura sería la Dosis 120 el tratamiento con mayor crecimiento en todo el periodo estudiado. Sin embargo, desde un punto de vista práctico cabría valorar económicamente si compensa el costo de dosis las aplicaciones superiores con la ganancia cuantitativa de este carácter.

La Dosis 120 es la dosis más adecuada para obtener los mayores valores de este carácter, de igual modo para la Dosis 0 en cuanto al valor mínimo de altura de planta.

Los resultados de los tratamientos de purín son superiores a los obtenidos en el abonado mineral en todas las dosis a excepción de la Dosis 60 + turba, probablemente por tener una liberación más lenta de nitrógeno.

FIGURA 11. Evolución del crecimiento en altura de las plántulas en las distintas dosis.



CUADRO 22. Estudio estadístico de la altura de plántula a lo largo de su ciclo vegetativo.

Tratamiento	ALTURA						
	35 días	42 días	49 días	56 días	63 días	* 73 días	77 días
Dosis 30	90,4 b	128,9 a	173,7 a	208,5 a	242,1 a	249,9 a	250,2 a
Dosis 0	56,5 c	87,1 b	115,6 b	136,5 c	153,7 c	179,9 b	190,5 b
Mineral	56,1 c	86,4 b	123,7 b	160,9 b	197,6 b	233,4 a	247,3 a
Dosis 60	100,9 a	141,7 a	182,8 a	214,2 a	239,9 a	249,3 a	249,5 a
Dosis 120	88,4 b	134,7 a	185,2 a	221,3 a	244,0 a	250,2 a	250,4 a
60 + Turba	88,2 b	132,2 a	174,4 a	205,0 a	230,4 a	245,2 a	245,1 a
media	81,5	120,4	161,3	192,8	219,1	234,7	238,3
desv. típ.	23,57	30,22	36,51	41,18	45,09	38,51	34,06
rango	44,8	55,3	69,6	84,8	90,3	70,3	59,9
mínimo	56,1	86,4	115,6	136,5	153,7	179,9	190,5
máximo	100,9	141,7	185,2	221,3	244,0	250,2	250,4
cv (%)	28,9	25,1	22,6	21,4	20,6	16,4	14,3

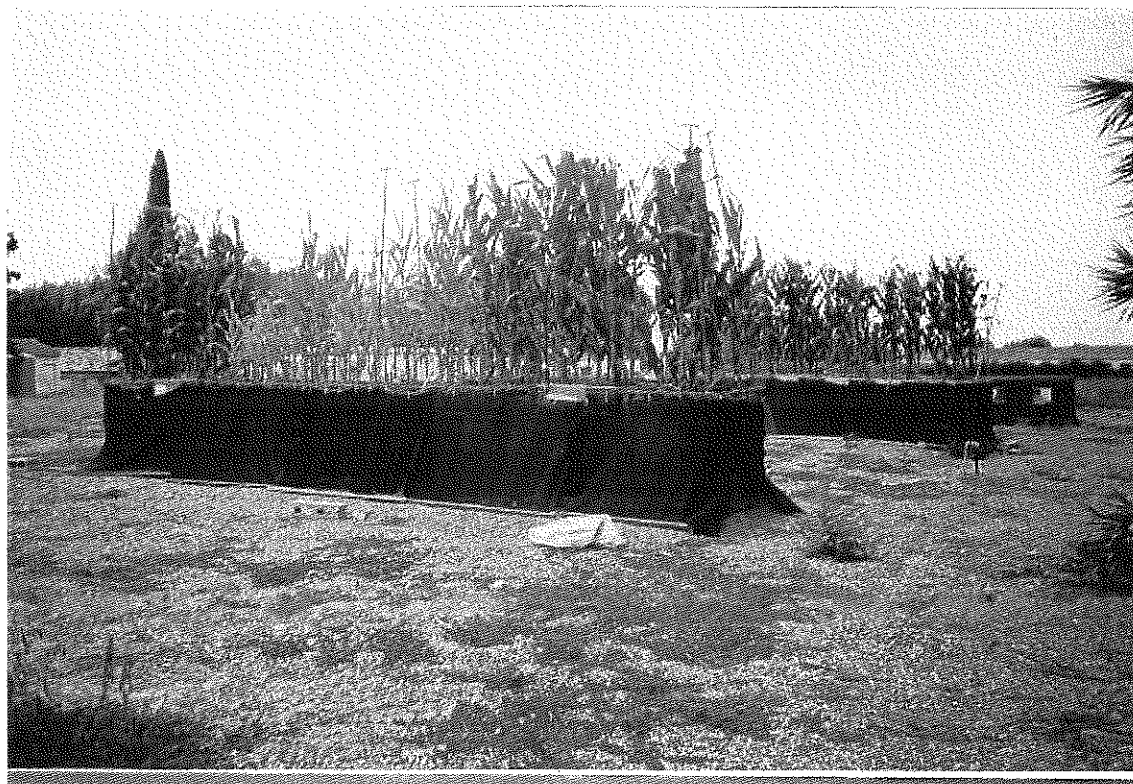
Medidas seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($p>0,05$).

* Fecha aproximada de floración.

CLOROFILA

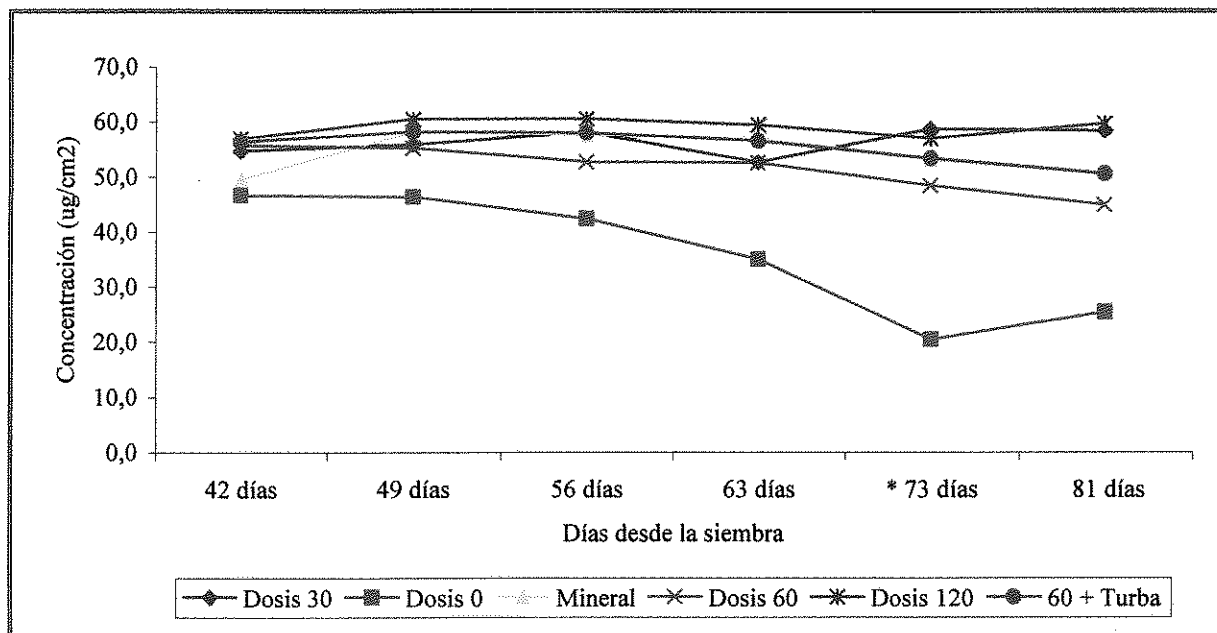
Los resultados obtenidos en todos los controles realizados durante el ciclo vegetativo del maíz varían muy poco de unos días a otros, ya que desde el primer control el valor medio más alto en contenido de clorofila de la hoja se da en la Dosis 120, y las hojas con menor cantidad de clorofila eran las pertenecientes a las plantas del tratamiento con Dosis 0, debido a la carencia en nitrógeno que tenían estas plantas durante todo el ciclo.

Estas diferencias en el contenido en clorofila de las plantas era evidente a simple vista, como se aprecia en la foto.



En esta foto se puede apreciar las diferencias existentes en concentración de clorofila entre las plantas de la Dosis 0 y las plantas del resto de tratamientos.

FIGURA 13. Evolución de la concentración de clorofila en hoja a lo largo del ciclo de cultivo, en el ensayo de contenedores.



CUADRO 23. Estudio estadístico sobre la concentración de clorofila en hoja en el ensayo de contenedores.

Tratamiento	CLOROFILA					
	42 días	49 días	56 días	63 días	* 73 días	81 días
Dosis 30	54,6 a b	55,8 a	58,0 a	52,5 a	58,6 a	58,3 a
Dosis 0	46,6 c	46,3 b	42,3 b	35,0 b	20,4 c	25,4 c
Mineral	49,5 b c	58,1 a	57,4 a	57,0 a	53,0 a b	50,5 a b
Dosis 60	55,6 a b	55,1 a	52,6 a	52,4 a	48,3 b	44,8 b
Dosis 120	56,9 a	60,4 a	60,4 a	59,3 a	56,9 a b	59,6 a
60 + Turba	56,3 a	58,2 a	57,9 a	56,4 a	53,3 a b	50,5 a b
media	53,5	55,5	54,6	51,8	48,1	48,0
dev. típ.	4,83	5,81	7,17	9,33	14,14	12,82
rango	10,3	14,1	18,1	24,3	38,2	32,9
mínimo	46,6	46,3	42,3	35,0	20,4	25,4
máximo	56,9	60,4	60,4	59,3	58,6	58,3
cv (%)	9,0	10,5	13,1	18,0	29,4	26,7

Medidas seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($p>0,05$).

* Fecha aproximada de la floración.

3.5.1.2 Caracteres de planta.

Los valores promedios de los caracteres de planta se presentan en el Cuadro 24.

La **altura de la planta** presenta una media de 238 cm para el conjunto de todo el ensayo. Todos los tratamientos con fertilización presentan valores medios superiores a la media del conjunto del ensayo, por lo que sólo el tratamiento con Dosis 0 es menor a la media, con una diferencia significativa con el resto. El valor más alto de la altura de la planta es la Dosis 120, seguido del tratamiento Dosis 30, no siendo diferente de forma significativa, y el valor más bajo corresponde a la Dosis sin abonado con 191 cm.

La **altura de inserción** de la mazorca es un carácter que suele tener una alta dependencia de la altura total de la planta. El descenso de la altura de inserción de la mazorca en el tallo, siempre es positivo, para conseguir un centro de gravedad de la planta más bajo, y con ello una menor susceptibilidad al vuelco. El tratamiento con Dosis 0, al igual que pasaba en la altura de planta, es el tratamiento con el valor más bajo, con diferencia significativa. El valor más alto de todos los tratamientos corresponde a la Dosis 30, sin que existan diferencias significativas con la Dosis 60, Dosis 120 y 60 + turba. Del estudio conjunto de ambos caracteres se observa la existencia de un comportamiento lineal en los valores superior e inferior. Este resultado es previsible teniendo en cuenta la alta correlación en la expresión de ambos caracteres como se presentará en las correlaciones de los resultados de campo. Los resultados obtenidos están muy relacionados con los de la altura total, ya que como decía al principio es un carácter con alta dependencia de la altura total.

Con respecto al **número de hojas**, el valor superior le corresponde al abonado mineral (16,5) y Dosis 60, y el valor inferior al tratamiento 60+turba (15,0). Sin embargo entre los valores superiores e inferiores no hay una diferencia significativa. La explicación de este carácter obedece a un mayor componente de tipo genético y no depende del componente ambiental. Lo cual también viene reflejado en los menores valores del coeficiente de variación (%).

El carácter **hoja de inserción de la mazorca** presenta el valor superior en la Dosis 0, sin abonado, y el valor mínimo lo presenta el tratamiento 60+turba con 8,5 hojas, la diferencia entre ambos es significativa. La expresión de este carácter tiene un componente genético muy elevado.

Los datos obtenidos de la superficie de las hojas de inserción de la mazorca, de la **hoja superior y de la inferior** de ésta son iguales, en los tres casos el tratamiento con Dosis 30 es el que presenta una superficie más elevada y la Dosis 0 es el tratamiento con un a superficie más baja, con diferencias significativas con el resto. La media del conjunto del ensayo en la hoja de inserción de la mazorca es más alta que en la hoja superior y en la inferior.

El carácter **superficie de hoja** evaluado sobre las tres hojas centrales (hoja de inserción de la mazorca, superior a esta e inferior), tiene un valor superior correspondiente a la Dosis 30 y Dosis 60, sin que existan diferencias significativas entre ambos. El valor inferior corresponde como era de esperar a la Dosis 0, sin abonado. La diferencia entre los valores superior e inferior es altamente significativa.

La valoración económica para producir biomasa medida en superficie de hoja servirá para la aplicación de una dosis u otra.

CUADRO 24. Estudio estadístico de los caracteres de planta (altura de planta -AP-, altura de inserción de la mazorca -AM-, número de hojas -H-, hoja de inserción de la mazorca -HM-, superficie de la hoja de la mazorca -SHM-, superficie de la hoja inferior -SHI-, superficie hoja superior -SHS-, superficie de tres hojas -S3H-) en el ensayo de contenedores.

Tratamiento	AP	AM	H	HM	SHM	SHI	SHS	S3H
Dosis 30	250 a	106 a	15,9 a	9,0 a b	805 a	801 a	778 a	2384 a
Dosis 0	191 b	73 c	15,9 a	9,3 a	555 c	572 c	514 c	1641 b
Mineral	247 a	93 b	16,5 a	9,0 a b	743 a b	726 b	711 a b	2180 a
Dosis 60	249 a	105 a	16,1 a	8,8 a b	782 a b	782 a b	750 a b	2317 a
Dosis 120	250 a	105 a	16,0 a	8,8 a b	786 a b	759 a b	743 a b	2182 a
60 + Turba	245 a	100 a b	15,8 a	8,5 b	720 b	720 b	690 b	1796 b
media	238	98	16,0	8,9	738	733	704	2097
desv. típ.	34,06	18,85	1,20	0,90	129,50	124,88	132,30	451,86
rango	59	33	0,7	0,8	250	229	264	743
mínimo	191	73	15,8	8,5	555	572	514	1641
máximo	250	106	16,5	9,3	805	801	778	2384
cv (%)	14,3	19,2	7,5	10,1	17,5	17,0	18,8	21,6

Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($p>0,05$).

3.5.1.3 Caracteres de mazorca y grano.

En el Cuadro 25 se presentan los valores medios de los caracteres estudiados en la mazorca. Alguno de estos caracteres tienen una gran importancia en la expresión del rendimiento, como la longitud y el peso de la mazorca, y que además poseen una alta dependencia ambiental. El número de filas posee heredabilidad genética, por lo que no tiene tanta influencia de las condiciones ambientales del cultivo.

La **longitud de la mazorca** presenta un valor medio del ensayo de 190 mm. El valor superior lo presenta la Dosis 30 (217 mm) sin que existan diferencias significativas con la Dosis 120 y 60 + turba; El tratamiento de Dosis 0 presenta las mazorcas más cortas, con diferencias significativas con el resto de tratamientos.

En el **diámetro medio**, los valores superiores los presenta el tratamiento de Dosis 120, sin que existan diferencias significativas con las Dosis 30, 60 + turba y 120. La Dosis 0 es también el tratamiento con un diámetro más pequeño.

El **número de filas** en la mazorca es un carácter que tiene un fuerte componente genético, cuya expresión no depende tanto del medio ambiente. Los valores superiores los presenta la Dosis 30 (18,4) y la Dosis 120 (18,3), sólo el tratamiento sin fertilización (14,9) presenta una diferencia significativamente inferior al resto de tratamientos.

En el **número de granos por fila**, los valores superiores los presentan las Dosis 30 (45,7 granos/fila) y la Dosis 120 (43,6 granos/fila), sin diferencias significativas entre ambas. El valor inferior lo presenta la Dosis 0 (21,4 granos/fila) con diferencia altamente significativa. La expresión del carácter número de granos por fila, viene fuertemente influenciado por el componente ambiental medido en la nutrición de la planta como se puede observar por el elevado número de grupos que se generan.

El **peso de la mazorca** es otro carácter ligado al rendimiento que posee una gran dependencia ambiental. El valor más elevado lo presenta la Dosis 30, con 285 gramos sin que existan diferencias significativas con la Dosis 120. El tratamiento de Dosis 0 es el que tiene un peso

medio de mazorca más bajo con 84 gramos, con diferencia significativa, que viene representada con un coeficiente de variación del 44,28%, lo que demuestra una fuerte dependencia ambiental.

Del análisis del **peso de 100 semillas**, se deduce la baja variación o dependencia del tipo de tratamiento puesto que no hay diferencias significativas entre los distintos tratamientos. Sin embargo, los valores superiores corresponden a la Dosis 30 y Dosis 120, y el valor mínimo lo presenta el abonado mineral

Como resumen se observan dos grupos de caracteres; los que tienen una mayor dependencia del tratamiento, tales como peso de mazorca, longitud de mazorca y número de granos por fila, y los que exhiben un mayor componente genético, es decir, con menor dependencia del tratamiento aplicado como número de filas, diámetro de la mazorca y peso de 100 granos.

Se puede concluir, diciendo que los mayores valores los presentan las Dosis 30 y 120 en todos los caracteres evaluados, y el menor valor lo presenta el tratamiento Dosis 0, sin abonado, excepto en el carácter peso 100 semillas que lo presenta el abonado mineral, aunque no significativo con el tratamiento 0.

CUADRO 24. Estudio estadístico de los resultados obtenidos de los caracteres de mazorca y grano (longitud de mazorca -LONMAZ-, diámetro medio -DMED-, número de filas -NUFILA-, granos por fila -GRAFIL-, peso mazorca -PESMAZ- y peso de 100 semillas -P100) del ensayo de contenedores.

Tratamiento	LONMAZ	DMED	NUFILA	GRAFIL	PESMAZ	P100
Dosis 30	217 a	48 a	18,4 a	45,7 a	285 a	28,7 a
Dosis 0	127 d	38 c	14,9 b	21,4 d	84 d	27,3 a
Mineral	179 c	43 b	17,0 a	36,5 c	176 c	24,5 a
Dosis 60	189 b c	47 a	17,4 a	39,0 b c	216 b c	28,0 a
Dosis 120	212 a	49 a	18,3 a	43,6 a b	272 a	29,7 a
60 + Turba	202 a b	47 a	17,5 a	39,4 b c	227 b	28,7 a
media	190	46	17,4	38,3	217	28,0
desv. típ.	4,17	6,28	2,62	11,24	96,11	2,85
rango	90	11	3,5	24,3	201	5,2
mínimo	127	38	14,9	21,4	84	24,5
máximo	217	49	18,4	45,7	285	29,7
cv (%)	2,2	13,7	15,1	29,4	44,3	10,2

Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($p>0,05$).

3.5.2 Ensayo de campo

3.5.2.1. Caracteres de plántula.

ALTURA

De la observación del Cuadro 26, se observa que no se aprecian diferencias entre ambas densidades. En cada una de las densidades se observa un comportamiento lineal y creciente, lo que se corresponde con lo esperado.

CUADRO 26. Valores medios de la altura de plántula en las distintas densidades en el ensayo de campo.

Tratamiento	ALTURA (cm)				
	45 días	54 días	61 días	74 días	81 días
Densidad 1	77	107	132	205	235
Densidad 2	78	109	135	207	235

De la observación del Cuadro 27, se pueden observar diferencias entre los distintos tratamientos. Las plantas del tratamiento con abonado mineral fueron las que alcanzaron mayor altura. Sin embargo, en la última medición (81 días) no fueron las más altas, sino que lo fueron las de Dosis 60 con 246 cm.

Al igual que los tratamientos de densidades, para las distintas dosis de fertilización se observan unos crecimientos en altura de forma progresiva y sostenida, en los cuatro tratamientos realizados.

CUADRO 27. Valores medios de la altura de plántula en los distintos tratamientos fertilizantes en el ensayo de campo.

Tratamiento	ALTURA (cm)				
	45 días	54 días	61 días	74 días	81 días
Mineral	95	131	152	217	227
Dosis 30	82	115	139	213	241
Dosis 60	71	100	130	209	246
Dosis 120	62	87	111	185	226

En el tratamiento con Dosis 120, las plantas han tenido un crecimiento más lento que en el resto de los tratamientos, con diferencias significativas en las cuatro primeras mediciones (desde los 45-74 días). En la última medición, las diferencias de alturas con el resto de los tratamientos no es significativa.

En el cuadro 28 se pueden observar los distintos tratamientos aplicados, y las dos densidades estudiadas.

Como se ha observado en los cuadros anteriores, no hay diferencias significativas entre las alturas en ambas densidades. Sin embargo, sí que hay significación estadística entre los distintos tratamientos, especialmente en los dos primeros controles (45 y 54 días), conforme va creciendo la planta estas diferencias entre tratamientos se van acortando.

Del estudio del comportamiento en la densidad 1, se observa que en los primeros estadios de crecimiento hasta el cuarto control (74 días), el abonado mineral es el que ha producido mayor altura de planta, siendo esta diferencia significativa con respecto a las 3 dosis de purines. A partir del quinto muestreo (81 días) el abonado mineral deja de ser el que provoca mayor altura de plantas, siendo las Dosis 60 y 30 las que presentan valores superiores con respecto a los otros dos tratamientos. En todas las fases de muestreo la Dosis 120 es la que presenta de una forma significativa los valores inferiores de altura de plántula.

De forma análoga, al observar el comportamiento en la densidad 2, el abonado mineral, es el que presenta de una forma significativa los mayores valores de altura de plántula. Es a partir del quinto muestreo (81 días), cuando esta tendencia de mayor altura de plántula lo presenta la Dosis 60 (248 cm). Al igual que en el caso de la densidad 1, la Dosis 120 presenta, y de forma significativa, los menores valores de alturas. Con respecto a la variabilidad que muestran estos resultados medidos por el coeficiente de variación, se pueden observar valores altos de coeficiente en los tres primeros muestreos (46, 55, 62 días), con respecto a los muestreos siguientes en que se observa una disminución en el valor del coeficiente, lo que mostraría una mayor estabilidad en el crecimiento.

Resumen, se puede afirmar que el carácter altura de plántula, no está influenciado por la densidad. En cambio, sí que aparecen diferencias entre los tratamientos que se aplicaron, alcanzando la mayor altura de plántula en el tratamiento con dosis de purín 60, y la menor altura la presentan las plántulas del tratamiento 120, sin que existan diferencias significativas con el abonado mineral.

CUADRO 28. Estudio estadístico de las alturas de plantas a lo largo de su ciclo vegetativo en el ensayo de campo.

		ALTURA				
		45 días	54 días	61 días	74 días	81 días
Densidad 1	Mineral	93 a	129 a	150 a	218 a	228 c
	Dosis 30	84 b	117 b	140 b	218 a	243 a
	Dosis 60	68 cd	95 d	124 c	202 b	244 a
	Dosis 120	63 de	88 de	111 d	183 c	224 c
Densidad 2	Mineral	97 a	134 a	154 a	215 a	226 c
	Dosis 30	80 b	113 b	138 b	209 ab	238 ab
	Dosis 60	73 c	105 c	135 b	217 a	248 a
	Dosis 120	61 e	87 e	111 d	187 c	228 bc
media	77	108	133	206	235	
desv. Típ.	17,01	22,57	23,75	26,82	20,48	
rango	36	47	43	35	24	
mínimo	61	87	111	183	224	
máximo	97	134	154	218	248	
cv (%)	22,0	20,8	17,9	13,0	8,7	

Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($p>0,05$).

CLOROFILA

Del análisis de los resultados de la concentración de clorofila en hoja en ambas por densidades (Cuadro 29), se puede observar que la mayor concentración se da en la densidad 1 para todos los controles realizados, sin que existan diferencias significativas entre ambas densidades. De igual modo, se observa en ambas densidades que los valores finales del muestreo (84 días) no son sustancialmente superiores a los valores iniciales (54 días).

CUADRO 29. Valores medios de la concentración de clorofila en plántula, según la densidad en el ensayo de campo.

CLOROFILA				
Tratamiento	54 días	61 días	* 74 días	84 días
Densidad 1	50,0	50,5	51,9	50,4
Densidad 2	47,5	47,9	50,1	49,0

En el Cuadro 30, se puede apreciar que el tratamiento de abonado mineral presenta las mayores concentraciones de clorofila en hoja de todos los controles realizados, y de forma análoga, las concentraciones más bajas de clorofila las presenta la Dosis 30.

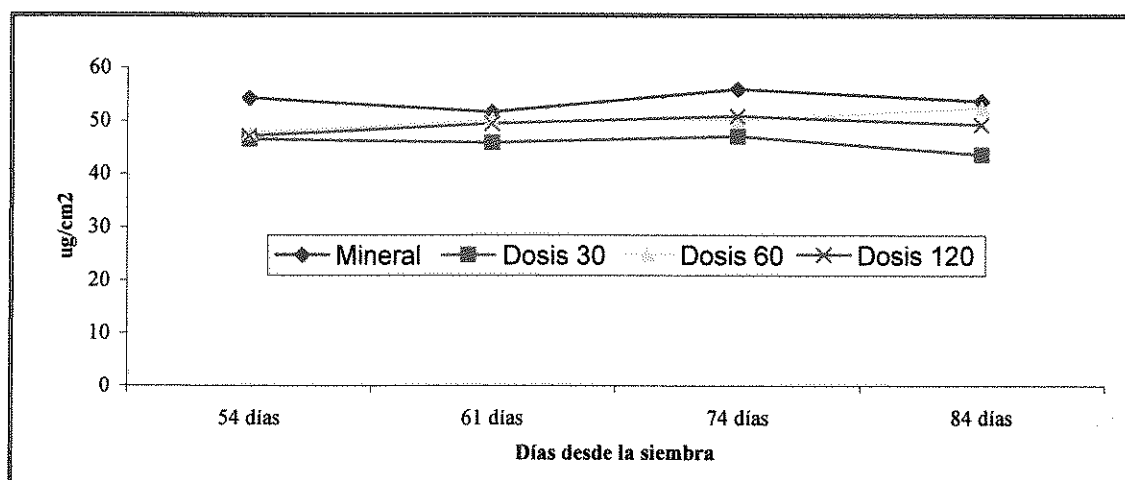
No se presentan diferencias ostensibles entre los valores del primero y cuarto control en los cuatro tratamientos de abonado, siendo ligeramente superior en unos (Dosis 60 y 120) o ligeramente inferior en otros (Mineral y Dosis 30).

CUADRO 30. Valores medios de la concentración de clorofila en hoja, según el tratamiento aplicado en el ensayo de campo.

CLOROFILA				
Tratamiento	54 días	61 días	* 74 días	84 días
Mineral	54,2	51,6	55,9	53,7
Dosis 30	46,4	45,8	47,0	43,6
Dosis 60	47,6	50,1	50,1	52,4
Dosis 120	47,0	49,4	50,8	49,2

En la Figura 13 se observa cómo a los 74 días desde la siembra, se alcanza la mayor concentración de clorofila, en todos los tratamientos, a excepción de la Dosis 60 que alcanza la mayor concentración a los 84 días.

FIGURA 13. Evolución de la concentración de clorofila en hoja a lo largo del ciclo de cultivo, en el ensayo de campo.



En el Cuadro 31 se presentan las medias de concentración de clorofila en hoja, para cada tratamiento, en cada una de las densidades, y su evolución a lo largo del periodo de crecimiento.

Con respecto a los distintos tratamientos de los cuatro muestreos, las diferencias entre los valores superiores o inferiores no son significativas en ningún caso. Se observa una similitud entre los valores del muestreo inicial y final, en los cuatro tratamientos.

En la densidad 2, se observa que los valores superiores de concentración de clorofila se presentan en el abonado mineral, en los cuatro muestreos realizados, no habiendo diferencias significativas entre el valor inicial y final.

Con respecto a la variabilidad ambiental medida por el coeficiente de variación, se observan valores de coeficiente de tipo medio-bajo, alrededor del 10% en todos los muestreos.

CUADRO 31. Estudio estadístico de la concentración de clorofila en plántula, a lo largo de su ciclo vegetativo, según el tratamiento de abonado y la densidad de plantación en el ensayo de campo.

		CLOROFILA			
Tratamiento		54 días	61 días	* 74 días	84 días
Densidad 1	Mineral	53,4 a b	51,8 a	55,9 a	53,6 a
	Dosis 30	49,6 a b c	49,3 a b	50,2 a b	47,6 a b
	Dosis 60	48,2 a b c	50,9 a	52,5 a	54,1 a
	Dosis 120	49,0 a b c	49,9 a b	48,8 a b	46,5 a b
Densidad 2	Mineral	55,0 a	51,3 a	55,9 a	53,8 a
	Dosis 30	43,3 c	42,3 b	43,7 b	39,7 b
	Dosis 60	46,9 b c	49,2 a b	47,7 a b	50,6 a
	Dosis 120	44,9 c	49,0 a b	52,8 a	51,9 a
Media		48,8	49,2	51,0	49,7
Desv. Típ.		4,89	4,47	5,40	6,17
Rango		11,7	9,5	12,2	14,4
Mínimo		43,3	42,3	43,7	39,7
Máximo		55,0	51,8	55,9	54,1
CV (%)		10,0	9,1	10,6	12,4

Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($p > 0,05$).

*Fecha de floración.

En el primer control (54 días), las plantas con tratamiento de abonado mineral y densidad 2 son las que mayor clorofila presentan ($55,0 \mu\text{g}/\text{cm}^2$), con diferencias significativas frente al resto de tratamientos de la densidad 2. Sin embargo, en los otros controles, las diferencias son menores, aunque sólo es significativa respecto a la Dosis 30 ($42,3 \mu\text{g}/\text{cm}^2$).

En todos los controles el tratamiento que tiene mayor clorofila es el abonado mineral, seguido por el tratamiento con Dosis 60. El tratamiento con Dosis 30 es el que presenta una menor concentración de clorofila, esto se apreciaba en campo a simple vista como demuestra la foto.



En general, puede decirse que la densidad 1 es la que tiene mayor concentración de clorofila, lo que puede ser debido a una mayor incidencia de los rayos solares sobre las hojas, ya que la densidad de plantación es menor, lo que permite un menor sombreamiento entre las plantas. En cuanto a los tratamientos aplicados, el abonado mineral es el que ha dado plantas con mayor concentración de clorofila. La Dosis 30 es el tratamiento con valores más bajos de clorofila, debido a una probable carencia nutritiva que tiene este tratamiento.

3.5.2.2 Caracteres de planta.

Comparando los resultados obtenidos en las dos densidades, se puede observar, que en todos los caracteres, la densidad 2 tiene valores superiores, sin diferencias significativas, a excepción del carácter hoja de inserción de la mazorca.

CUADRO 32. *Estudio estadístico de los caracteres de planta (altura de planta –AP-, altura de inserción de la mazorca –AM-, número de hojas –H-, hoja de inserción de la mazorca –HM-, y superficie de tres hojas –S3H-) según la densidad en el ensayo de campo.*

Tratamiento	AP	AM	H	HM	S3H
Densidad 1	235	85	17,4	10,5	1802
Densidad 2	236	89	17,5	10,9	1827

Analizando los resultados obtenidos según el tratamiento de fertilización aplicado, observamos que el valor superior para el carácter altura de planta, corresponde a la Dosis 60, y el valor inferior a la Dosis 120. En el carácter altura de la mazorca, el valor superior corresponde a la Dosis 60 como en el carácter anterior, y el valor más bajo al abonado mineral. En los caracteres número de hojas y hoja de inserción de la mazorca, no aparecen prácticamente diferencias entre los distintos tratamientos, ya que se trata de un carácter con fuerte dependencia genética y menor efecto ambiental. La mayor superficie del carácter tres hojas corresponde al abonado mineral (1948 cm²), y la menor a la Dosis 120 (1663 cm²).

CUADRO 33. *Estudio estadístico de los caracteres de planta (altura de planta –AP-, altura de inserción de la mazorca –AM-, número de hojas –H-, hoja de inserción de la mazorca –HM-, y superficie de tres hojas –S3H-) según la fertilización aplicada en el ensayo de campo.*

Tratamiento	AP	AM	H	HM	S3H
Mineral	227	86	17,5	10,5	1948
Dosis 30	244	90	17,3	10,6	1812
Dosis 60	246	97	17,4	10,9	1832
Dosis 120	225	87	17,5	10,9	1663

Los valores medios de los caracteres de planta, según su tratamiento y densidad aparecen representados en el Cuadro 34.

La **altura de planta** presenta un valor medio para el conjunto del ensayo de 235 cm, con un valor máximo de 248 cm que corresponde al tratamiento de purín Dosis 60 y densidad 2, el valor mínimo lo presenta el tratamiento de purín con Dosis 120 y densidad 1 con un valor de 223 cm.

La **altura de inserción** de la mazorca presenta un valor medio de 90 cm y un máximo de 100 cm que lo presenta de forma significativa la Dosis 60 con la densidad mayor (densidad 2). Como valores mínimos podemos destacar los tratamientos de abono mineral en ambas densidades y la Dosis 120 con densidad 1.

El promedio de **número de hojas** en la planta es de 17,4 hojas; y la diferencia entre los distintos tratamientos y densidades no es significativa, ya que este carácter está menos influido por el componente ambiental, al ser una expresión más genética.

El valor promedio de **hoja de inserción de la mazorca** es de 10,7. Hay dos tratamientos con valor superior a la media, son los tratamientos con dosis de purín 60 y 120, y su es de 11,17 hojas.

El valor promedio de la **superficie de la hoja de inserción de la mazorca** es de 614 cm², siendo el tratamiento de abonado mineral y densidad 2 el valor más alto con 670 cm², y el tratamiento con Dosis 120 y densidad 1 el valor más bajo con 556 cm². Ambos valores presentan diferencias significativas.

La media de la **superficie de la hoja inferior** de la mazorca es de 621 cm². De todos los tratamientos el valor superior lo presenta el abonado mineral y densidad 2, con un valor de 675 cm².

La media de la **superficie de la hoja superior** de la mazorca es de 580 cm², El valor superior lo presenta el tratamiento con abono mineral y densidad 2, con 621 cm², y la superficie más pequeña es la del tratamiento con Dosis 120 y densidad 1.

El tratamiento que induce plantas con una mayor **superficie foliar** es el abonado mineral, y dentro de éste, la densidad 1. De los tratamientos con purines, la Dosis 60 es la que presenta una mayor superficie foliar.

Como conclusión, se puede apuntar que el tratamiento Dosis 60 es el que produce las plantas más altas y con la inserción de la mazorca más elevada. En cambio, el abonado mineral induce mayor superficie foliar. En cuanto a las densidades, no se aprecian diferencias significativas entre ambos, a excepción, como ya se ha dicho, de la hoja de inserción de la mazorca.

CUADRO 34. Estudio estadístico de los caracteres de planta (altura de planta -AP-, altura de inserción de la mazorca -AM-, número de hojas -H-, hoja de inserción de la mazorca -HM-, superficie hoja de la mazorca -SHM-, superficie hoja inferior -SHI-, superficie hoja superior -SHS-, y superficie de tres hojas -S3H-) en el ensayo de campo.

Tratamiento	AP	AM	H	HM	SHM	SHI	SHS	S3H
Mineral	228 b	85 c	17,4 a	10,5 b	647 ab	663 ab	619 a	1929 ab
Dosis 30	245 a	89 bc	17,2 a	10,5 b	614 bc	622 b	585 ab	1822 b
Dosis 60	244 a	94 b	17,4 a	10,6 b	616 bc	617 b	584 ab	1817 b
Dosis 120	223 b	85 c	17,4 a	10,6 b	556 d	550 c	529 c	1635 d
Mineral	226 b	86 c	17,6 a	10,6 b	670 a	675 a	621 a	1966 a
Dosis 30	242 a	91 b	17,3 a	10,7 b	611 bc	631 ab	560 bc	1802 bc
Dosis 60	248 a	100 a	17,5 a	11,2 a	620 b	640 ab	587 ab	1847 ab
Dosis 120	228 b	89 bc	17,6 a	11,2 a	572 cd	569 c	551 bc	1691 cd
media	235	90	17,4	10,7	614	621	580	1815
desv. típ.	19,92	11,11	0,97	0,82	80,33	81,83	76,12	227,61
rango	25	15	0,4	0,7	114	125	92	331
mínimo	223	85	17,2	10,5	556	550	529	1635
máximo	248	100	17,6	11,2	670	675	621	1966
cv (%)	8,5	12,4	5,6	7,6	13,1	13,2	13,1	12,5

Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($p > 0,05$).

3.5.2.3 Caracteres de mazorca.

Algunos de estos caracteres tienen una gran importancia en el rendimiento final de grano, como la longitud, el peso de la mazorca y el peso de 100 semillas, que al propio tiempo tienen alta dependencia ambiental. Sin embargo, el número de filas que es otro carácter ligado al rendimiento, posee una alta heredabilidad genética, por lo que no presenta una clara influencia del medio ambiente.

De la observación del Cuadro 35, se deduce que para el carácter longitud de mazorca, el valor superior corresponde a la densidad 1. Los caracteres diámetro medio y número de filas presentan los mismos valores para ambas densidades. En el resto de caracteres, como granos/fila, peso de mazorca y peso de 100 semillas, vuelven a alcanzar sus valores superiores en la densidad 1. Cabe señalar que entre las dos densidades no hay diferencias significativas.

CUADRO 35. *Valores medios de los caracteres de mazorca (longitud de mazorca –LONMAZ-, diámetro medio –DMED-, número de filas –NUFILA-, granos por fila –GRAFIL-, peso mazorca –PESMAZ- y peso de 100 semillas –P100) , en ambas densidades en el ensayo de campo.*

Tratamiento	LONMAZ	DMED	FILAS	GRAFIL	PESMAZ	P100
Densidad 1	188	46	17,5	38,3	194	28,7
Densidad 2	180	46	17,5	37,2	183	28,5

En el análisis por el tratamiento recibido (Cuadro 36), el valor superior en el carácter longitud de mazorca, corresponde a la Dosis 60 y el valor más bajo a la Dosis 30. En el diámetro medio, el valor superior es de 47 mm en la Dosis 60, y el valor mínimo de 45 mm en las Dosis 30 y 120. El valor máximo del número de filas es de 17,8 en las Dosis 30 y 60, y el valor mínimo corresponde a la Dosis 120. El carácter número de granos por fila alcanza su valor máximo en la Dosis 60, seguido por el abonado mineral, y el valor mínimo corresponde a la Dosis 120.

En los caracteres peso de mazorca y peso de 100 semillas, el valor más alto es el correspondiente al abonado mineral, y el más bajo a la Dosis 30, para ambos caracteres.

En general, se puede decir que no presentan diferencias significativas entre los tratamientos con abonado mineral y con la Dosis 60 de purín, a diferencia del ensayo de contenedores.

CUADRO 36. Valores medios de los caracteres de mazorca (longitud de mazorca –LONMAZ-, diámetro medio –DMED-, número de filas –NUFILA-, granos por fila –GRAFIL-, peso mazorca –PESMAZ- y peso de 100 semillas –P100), según el tratamiento en el ensayo de campo.

	LONMAZ	DMED	FILAS	GRAFILAS	PESMAZ	P100
Mineral	179	46	17,6	39,2	203	30,2
Dosis 30	172	45	17,8	37,5	176	26,0
Dosis 60	193	47	17,8	39,3	198	29,2
Dosis 120	184	45	16,8	35,1	178	29,0

En el Cuadro 37 aparecen representados los valores promedios de los caracteres estudiados en la mazorca, según su densidad y tratamiento.

La **longitud de la mazorca** presenta una media del ensayo de 184 mm, con valores máximos de 203 mm en el tratamiento de abonado mineral densidad 1, y de 201 mm en el tratamiento Dosis 60 y densidad 1, sin diferencias significativas entre ellos. El valor de la longitud de la mazorca más corta corresponde a la Dosis 30 en la densidad 1 con 170 mm. La desviación típica entre estos valores, condiciona un coeficiente de variación de 22,4%, que se considera alto, pero suficiente para que haya diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

El **diámetro medio de la mazorca** presenta un valor promedio de 46 mm y un valor máximo de 48 mm que corresponde al tratamiento de abonado mineral y densidad 1, seguido por la Dosis 60 y densidad 1, sin diferencias significativas entre ambas; y un valor mínimo de 44 mm en la Dosis 120 y densidad 1.

El **número de filas de granos** es, como ya se ha comentado, un carácter con poca dependencia ambiental, por lo que las mejores o peores condiciones de cultivo no le afectan sustancialmente, aunque es un carácter ligado al rendimiento. En el ensayo presenta un valor promedio de 17,5 filas, lo que se considera un valor normal, teniendo en cuenta que, según la empresa comercial, la media de filas en la mazorca es de 18-20. El valor superior lo presentó la Dosis 30 y densidad

1 con 18,1 filas; el valor más bajo corresponde a la Dosis 120 y densidad 1 con 16,6 filas. Las diferencias entre los tratamientos/densidades son poco importantes.

El **número de granos por fila**, es un carácter genético con una dependencia ambiental, que además también está ligado al rendimiento. El valor promedio del ensayo es de 37,7 granos por fila, que se considera un valor alto, teniendo en cuenta que la casa comercial da una media de 37 granos por fila. El valor más alto es de 42,6 granos por fila en el tratamiento con abonado mineral y densidad 1, y el valor más bajo es de 32,8 granos por fila en la Dosis 120 y densidad 1. Existen diferencias significativas entre tratamientos.

El **peso de la mazorca** es otro carácter directamente relacionado con la expresión del rendimiento, y además posee una clara dependencia ambiental. El valor promedio del ensayo fue de 188,68 gramos, con un valor superior de 237 gramos en el tratamiento con abonado mineral y densidad 1, sin presentar diferencias significativas con la Dosis 60 y densidad 1 con 209 gramos. El valor mínimo lo presentó la Dosis 120 y densidad 1 con 165 gramos. El coeficiente de variación es muy alto (40,53%) lo que indica una clara diferenciación en la experimentación de los distintos tratamientos.

El **peso de 100 semillas** está directamente relacionado con el peso hectolítrico, y por lo tanto como en el caso del rendimiento, tiene una gran dependencia medio ambiental. El valor promedio del ensayo es de 28 gramos, siendo el valor más alto de 32 gramos en el tratamiento con abonado mineral y densidad 1, y con diferencias significativas con el valor más bajo, que corresponde a la Dosis 30 y densidad 1 (25,7 g).

Resumen del análisis de los resultados obtenidos en los caracteres de mazorca y grano. Se puede afirmar que no se aprecian diferencias entre las dos densidades, pero sí hay diferencias importantes entre los distintos tratamientos aplicados. Se puede concluir que los valores inferiores los presenta la Dosis 120, y los mejores los resultados por tratamientos los presenta la Dosis 60. Sin embargo, cuando se analiza la combinación tratam * dens, los mejores resultados son los del abonado mineral, seguido por la Dosis 60, y los peores resultados los presenta la Dosis 120.

CUADRO 37. Estudio estadístico de los caracteres de mazorca y grano (longitud de mazorca –LONMAZ-, diámetro medio –DMED-, número de filas –NUFILA-, granos por fila –GRAFIL-, peso mazorca –PESMAZ- y peso de 100 semillas –P100) del ensayo de campo.

Tratamiento	LONMAZ	DMED	FILAS	GRAFIL	PESMAZ	P100
Densidad 1						
Mineral	203 a	48 a	17,9 ab	42,6 a	237 a	32,0 a
Dosis 30	170 c	45 bcd	18,1 a	38,1 ab	169 bc	25,7 c
Dosis 60	201 a	47 ab	17,7 ab	40,2 ab	209 ab	29,0 abc
Dosis 120	178 bc	44 d	16,6 b	32,8 c	165 c	28,0 bc
Densidad 2						
Mineral	171 c	44 cd	17,4 ab	35,8 bc	168 bc	28,3 abc
Dosis 30	173 bc	46 abcd	17,5 ab	36,9 bc	183 bc	26,3 bc
Dosis 60	186 abc	46 abc	17,9 ab	38,6 ab	192 bc	29,3 abc
Dosis 120	191 ab	46 abcd	17,1 ab	37,8 ab	192 bc	30,0 ab
media	184	46	17,5	37,7	189	28,6
desv. típ.	41,19	4,87	2,37	9,23	76,47	2,57
rango	32	5	1,5	9,8	72	6,3
mínimo	170	44	16,6	32,8	165	25,7
máximo	203	48	18,1	42,6	237	32,0
cv (%)	22,4	10,6	13,5	24,5	40,5	9,0

Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($p>0,05$)

3.6 DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

3.6.1 Contenedores para el estudio del lixiviado.

3.6.1.1 Caracteres de rendimiento en contenedores.

En el Cuadro 38 se presentan los valores descriptivos del conjunto de los caracteres estudiados en relación con el rendimiento en el ensayo de contenedores.

CUADRO 38. *Análisis estadístico de los resultados de los caracteres de rendimiento en el ensayo de contenedores.*

Tratamiento	REDIM	HUMED	PHL	MAZPLA
Dosis 30	19343 a	16,9 b	73,1 a	1,00 a
Dosis 0	3687 c	24,7 a	50,9 a	0,79 a
A. Mineral	11261 b	18,7 b	70,2 a	1,00 a
Dosis 60	14272 a b	18,5 b	72,1 a	1,00 a
Dosis 120	18190 a	17,6 b	74,0 a	1,00 a
60 + Turba	15558 a b	17,7 b	73,0 a	1,04 a
media	13863	19,0	68,8	0,97
desv. típ.	5979,24	2,95	13,26	0,16
rango	15656	7,8	23,1	0,25
mínimo	3687	16,9	50,9	0,79
máximo	19343	24,7	74,0	1,04
cv (%)	43,1	15,5	19,3	16,1

Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($p > 0,05$).

El carácter **rendimiento** depende de la acción combinada de varios caracteres, los llamados caracteres ligados al rendimiento, tales como peso de la mazorca, longitud mazorca, número de filas, humedad, densidad del grano, porcentaje de grano, etc., es decir, que presenta un fuerte componente de tipo ambiental, en este caso referido a la nutrición de la planta, lo cual asimismo viene justificado por el valor del coeficiente de variación. En la Dosis 30 es donde se obtuvieron los mayores rendimientos, sin que existan diferencias significativas con la Dosis 120, 60 y 60 + turba. La producción obtenida en estos tratamientos es superior a las obtenidas habitualmente en la zona del Valle del Ebro, pudiendo explicarse por las condiciones experimentales en que se llevó a cabo el ensayo que difieren notablemente a las condiciones de cultivo en campo, al igual

que los resultados obtenidos. Fundamentalmente debido a una mayor intercepción de la radiación solar por la ausencia de cultivo a su alrededor.

El valor mínimo corresponde a la Dosis 0, existiendo diferencias significativas con el resto de tratamientos, lo cual es lógico y concuerda con la experiencia del cultivo.

Entre los distintos tratamientos con fertilización, la menor producción fue en la fertilización mineral, sin que existan diferencias significativas con la Dosis 60 y 60 + turba.

El carácter **humedad** presenta el valor superior en el tratamiento con Dosis 0 (24,7%), que es significativamente diferente a todos los demás que presentan valores comprendidos entre 16,9% y 18,7%. Cabe señalar que desde el punto de vista económico un alto valor de la humedad es negativo por la implicación económica de sanción. Y análogamente los valores más positivos son los más bajos en valor absoluto, cuanto más próximos son al 14%.

Con respecto al **peso hectilítrico**, se puede observar que los valores superiores corresponden a la Dosis 120 y 30. El valor inferior (50,9) corresponde al tratamiento sin abonado, sin embargo, debido a la poca dispersión de los valores individuales ambos valores máximos y mínimos pertenecen al mismo grupo de significación.

El **número de mazorcas por planta** también se conoce como prolificidad y muestra la capacidad de la planta de producir varias mazorcas fértiles, siendo un carácter muy relacionado con el rendimiento, y cuya expresión tiene un componente de cierta dependencia ambiental. El conjunto del ensayo presenta un valor máximo de 1,04 en la Dosis 60 + turba, sin diferencias significativas con el resto de los tratamientos; el valor mínimo fue de solo 0,79 mazorcas/planta en la Dosis 0. En general, podemos decir que el valor más bajo encontrado en la Dosis 0 es debido a la falta de elementos nutritivos que tuvo la planta; en el resto de tratamientos la media es de una mazorca por planta, que es lo normal para un híbrido comercial como éste. Sólo la Dosis 60 + turba tiene una media un poco superior al resto, pero no es nada significativo.

Del estudio de los caracteres de rendimiento se observa la existencia de una linealidad en el comportamiento de todos los caracteres, así los valores superiores corresponden a los tratamientos con Dosis 30 y 120, y el valor inferior corresponde siempre al tratamiento con Dosis 0.

3.6.1.2 Caracteres de biomasa en el ensayo de contenedores.

De la observación del Cuadro 39 se puede observar que los mayores valores de producción de **biomasa total en fresco** son las Dosis 60 y 120 y el menor valor de biomasa es el tratamiento 0.

Esta biomasa total se ha estudiado en sus dos fracciones en producción de planta (tallos, hojas, brácteas) y la fracción mazorca en fresco.

Los valores superiores de la **fracción planta** corresponden a los tratamientos 60 y 120, y el valor inferior lo presenta la Dosis 30. Sin embargo desde un punto de vista de significación estadística, no hay diferencias entre los distintos grupos de tratamiento.

La fracción **peso de mazorca en fresco** presenta valores superiores en la dosis 30 y 120, y el valor inferior en el tratamiento 0, claramente significativo.

Con respecto a la valoración de **porcentaje de planta y de mazorca** con respecto al total, los valores parciales son complementarios, es decir, que el porcentaje inferior de la fracción de planta (38,4%) es complementaria de la fracción porcentaje de mazorca (61,6%).

De los valores conjuntos de este cuadro se puede concluir, que los valores superiores corresponden a la Dosis 120 y los valores inferiores coinciden con el tratamiento Dosis 0, excepto la fracción de planta que corresponde al tratamiento 30, aunque no hay diferencia significativa con el tratamiento 0.

De la observación del Cuadro 40, de la biomasa en seco se observa que el **peso seco total** de la planta obtiene el valor más alto en la Dosis 30, sin que existan diferencias significativas con la Dosis 60, 120 y 60+turba; el valor más bajo de planta total seca es la Dosis 0, con diferencia significativa con el resto de tratamientos. Comparando con los valores de la biomasa en fresco se observa una linealidad o correspondencia.

En la **planta seca**, que incluye hojas, brácteas y tallo, como dato significativo sólo destaca la Dosis 0 por obtener el menor valor.

Al igual que pasaba con el porcentaje de planta fresca, la Dosis 0 sigue obteniendo el mayor porcentaje de planta seca, y la Dosis 30 el menor.

En la fracción **mazorca en seco**, tiene un valor medio de todo el ensayo de 1491 gramos, con valores superiores a la media en los tratamientos con Dosis 30, 60, 120 y 60+turba, sin diferencias significativas entre ellos. La Dosis 0 es el valor más bajo con diferencia significativa.

Con respecto a los **porcentajes** de las dos fracciones evaluadas, se puede observar que ambos valores de **planta** y de **mazorca** son complementarios.

Resumen. Al comparar los valores de la biomasa en fresco (Cuadro 39) respecto a los de biomasa en seco (Cuadro 40) se observa una gran concordancia o linealidad entre los valores máximo y mínimo tanto en las fracciones de planta como de mazorca, es decir, los valores más altos o más bajos de biomasa en fresco corresponden respectivamente con los de biomasa en seco.

CUADRO 38. Análisis estadístico de los resultados de los caracteres de biomasa fresca en el ensayo de contenedores.

Tratamiento	TOTAL	PLANTA	%PLANTA	MAZORCA	%MAZORCA
Dosis 30	3830 a	1460 a	38,4 c	2370 a	61,6 a
Dosis 0	3053 a	2487 a	83,1 a	567 c	16,9 c
Mineral	3545 a	2095 a	60,1 b	1450 b	39,9 b
Dosis 60	4623 a	2863 a	61,4 b	1760 ab	38,6 b
Dosis 120	4700 a	2503 a	51,0 bc	2197 ab	49,0 ab
60 + turba	4180 a	2267 a	54,2 b	1913 ab	45,8 b
media	4015	2290	57,9	1725	42,1
dev. típ.	1000,00	736,10	15,61	696,60	15,61
rango	1647	1403	44,8	1803	44,8
mínimo	3053	1460	38,4	567	16,9
máximo	4700	2863	83,1	2370	61,7
cv (%)	24,9	32,1	27,0	40,4	37,1

Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($p>0,05$).

CUADRO 39. Análisis estadístico de los resultados de los caracteres de biomasa seca en el ensayo de contenedores.

Tratamiento	TOTAL	PLANTA	%PLANTA	MAZORCA	%MAZORCA
Dosis 30	3465 a	1406 a	40,7 b	2058 a	59,3 a
Dosis 0	1261 c	841 b	70,0 a	420 c	30,0 b
Mineral	2479 b	1263 a	53,0 b	1217 b	47,0 a
Dosis 60	2994 a b	1454 a	48,7 b	1540 a b	51,3 a
Dosis 120	3429 a	1486 a	43,2 b	1943 a	56,8 a
60 + turba	3075 a b	1400 a	45,5 b	1675 a b	54,5 a
media	2802	1312	50,0	1491	50,0
desv. típ.	885,25	273,20	11,87	628,90	11,87
rango	2204	645	29,4	1638	29,4
mínimo	1261	841	40,7	420	30,0
máximo	3465	1486	70,0	2058	59,3
cv (%)	31,6	20,8	23,7	42,2	23,7

Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($p>0,05$).

3.2.2 Ensayo de campo.

3.2.2.1 Caracteres de rendimiento.

De la observación del Cuadro 40 se deduce que la densidad 2 es la que presenta mayor porcentaje de encamado, aunque también es la que obtiene mayor rendimiento de grano expresado en kg/ha al 14% de humedad, y mayor peso hectolítrico; de igual modo en los restantes caracteres, excepto en mazorcas/planta.

CUADRO 40. Valores medios de los caracteres de rendimiento, según la densidad en el ensayo de campo.

Tratamiento	Eraíz	Etallo	ENCAMAD	RENDIM	HUMED	PHL	MAZPLA
Densidad 1	0,6	4,2	18,4	5417	23,5	63,5	0,94
Densidad 2	1,0	7,3	23,7	6296	23,9	64,2	0,90

En el Cuadro 41 se presentan los valores de rendimiento. Se observa que la Dosis 30 tiene el menor porcentaje de encamado, y el mayor valor corresponde al abonado mineral. En el carácter de rendimiento, el valor superior corresponde al abonado mineral con 6885 kg/ha, seguido de la Dosis 60 con 6582 kg/ha, y el menor valor a la Dosis 30 con 4695 kg/ha. La menor humedad de grano se da en el abonado mineral, y esta humedad aumenta en los tratamientos con purín en relación con la dosis aplicada, entre 23,1% de la Dosis 30 hasta 26,2 en Dosis 120.

El valor superior de peso hectolítrico se presenta en el abonado mineral y en la Dosis 60 y el mínimo en la Dosis 30. El número de mazorcas por planta alcanza el máximo valor en la Dosis 60, el valor mínimo lo presenta la Dosis 120.

CUADRO 41. Valores medios de los caracteres de rendimiento, según el tratamiento en el ensayo de campo.

Tratamiento	Eraíz	Etallo	ENCAMAD	RENDIM	HUMED	PHL	MAZPLA
Mineral	0,3	7,3	23,2	6885	21,1	64,8	0,94
Dosis 30	0,3	4,5	16,3	4695	23,1	62,6	0,90
Dosis 60	0,7	6,3	22,8	6582	24,5	64,4	0,97
Dosis 120	1,8	4,7	22,1	5263	26,2	63,8	0,87

En el Cuadro 42 se presentan los valores descriptivos del conjunto de caracteres relacionados con el rendimiento, representados según el tratamiento de purín aplicado y la densidad de plantas.

La media de **encamado de raíz** es baja, con 0,79 plantas. Tres tratamientos presentan valores superiores a la media, destacando la Dosis 120 y densidad 2, con un valor de 2,33 plantas.

El **encamado de tallo** es mucho mayor que el encamado de raíz. La media del encamado de tallo es de 5,71planta; con un valor superior de 10 plantas tronchadas (encam. de tallo) en el abonado mineral y densidad 2 y el menor valor en la Dosis 120 y densidad 1. Este valor superior de encamado de tallo respecto al correspondiente de raíz, demuestra una mayor susceptibilidad a las plagas de insectos, que a enfermedades fúngicas en la raíz o en el cuello.

El **porcentaje de encamado** está directamente relacionado con el número de plantas tronchadas y volcadas. El abonado mineral y densidad 2 tiene el mayor valor (28,7%), seguido por el tratamiento 120 y densidad 2 (26,5%). El menor porcentaje de encamado se dio en la dosis 30 y densidad 1 (15,3%). Se deduce de estos valores, que el número de plantas tronchadas en todos los tratamientos es siempre mayor para la densidad superior (densidad 2) que para la densidad inferior (densidad 1). El coeficiente de variación entre los tratamientos es muy alto (35,7%) lo muestra su alta variabilidad ambiental.

El **rendimiento de grano** expresado al 14% de humedad, presenta un valor promedio para el conjunto del ensayo de 5.856 kg/ha, siendo el tratamiento de abono mineral y densidad 2 el que posee mayor rendimiento(7253 kg/ha), y el tratamiento Dosis 30 y densidad 1 es el que obtuvo menor rendimiento (4103 kg/ha). El coeficiente de variación en este carácter es alto, lo que demuestra grandes diferencias entre los distintos tratamientos y densidades.

La **humedad del grano** de la mazorca en el momento de la recolección tiene una gran importancia económica, pues el precio del maíz cosechado va a depender grandemente de la humedad que contenga. En todo el ensayo de campo el bloque que se recogió con mayor humedad fue el de Dosis 120 y densidad 2 (26,8%), seguido por el que tiene el mismo tratamiento y densidad menor (21%). Los bloques que tenían abono mineral son los que menor

humedad de grano presentan, seguidos por los de Dosis 60. Sin embargo, en el conjunto del ensayo las variaciones de humedad no fueron muy extremas, alrededor del 5,8%, lo que condiciona una menor variación, medida por el valor de su coeficiente, del 9,8%.

El **peso hectolítrico** del grano es otro importante carácter relacionado al rendimiento, pues viene a definir la densidad del grano en el momento de la recolección, y tiene también su incidencia económica. Presenta un valor promedio de 63,9%, el valor máximo es de 65,7% en el abonado mineral y densidad 2 y el valor mínimo es de 62,5% en la Dosis 30 y densidad 1.

La valor promedio del carácter **mazorcas por planta** es de 0.92 plantas, sólo superada por los tratamientos de abonado mineral y Dosis 60, en ambas densidades. El mayor valor es de 1,01 mazorcas por planta en la Dosis 60 y densidad 1, y el menor valor es de 0,88 mazorcas en la Dosis 30 y densidad 2.

Resumen, los mejores resultados se han obtenido en el tratamiento de abonado mineral, ya que es el tratamiento que presenta mayor rendimiento y menor humedad en el momento de la recolección, lo que es un componente económico muy importante. Aunque las diferencias entre los resultados del abonado mineral y la Dosis 60 son insignificantes, hay que valorar si compensa el gasto de abono para el resultado final obtenido.

CUADRO 42. Estudio estadístico de los caracteres de rendimiento en el ensayo de campo.

Tratamiento	E raíz	E tallo	ENCAM	RENDIM	HUMED	PHL	MAZPLA
Mineral	0,0 b	4,7 bc	17,7 a	6517 ab	21,0 d	63,8 a	0,95 ab
Dosis 30	0,0 b	3,7 bc	15,3 a	4103 c	22,7 cd	62,5 a	0,92 ab
Dosis 60	1,0 ab	5,0 bc	23,0 a	6497 ab	24,7 abc	64,1 a	1,01 a
Dosis 120	1,3 ab	3,3 c	17,7 a	4550 bc	25,7 ab	63,7 a	0,87 b
Mineral	0,7 ab	10,0 a	28,7 a	7253 ab	21,1 d	65,7 a	0,93 ab
Dosis 30	0,7 ab	5,3 bc	17,2 a	5287 abc	23,5 bcd	62,6 a	0,88 b
Dosis 60	0,3 ab	7,7 ab	22,5 a	6667 ab	24,2 abc	64,8 a	0,93 ab
Dosis 120	2,3 a	6,0 bc	26,5 a	5977 abc	26,8 a	63,8 a	0,87 b
media	0,8	5,7	21,1	5856	23,7	63,9	0,92
desv. típ.	1,18	2,76	7,51	1459,81	2,32	2,39	0,07
rango	2,3	6,7	13,4	3150	5,8	3,2	0,14
mínimo	0,0	3,3	15,3	4103	21,0	62,5	0,87
máximo	2,3	10,0	28,7	7253	26,8	65,7	1,01
cv (%)	149,4	48,3	35,7	24,9	9,8	3,7	7,8

Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($p>0,05$).

3.6.2.2 Caracteres de biomasa en el ensayo de campo.

El peso total de planta es mayor en la densidad 1, al igual que el peso de planta (tallos, hojas y brácteas) y el peso de mazorca. En la densidad 1 se obtiene mayor porcentaje de mazorca que en la densidad 2.

CUADRO 43. Valores medios de biomasa fresca en el ensayo de campo, por su densidad.

Tratamiento	TOTAL	PLANTA	%PLANTA	MAZORCA	%MAZORCA
Densidad 1	5503	3173	57,8	2330	42,2
Densidad 2	4981	2938	59,2	2043	40,8

Cuando esta biomasa se pesa seca, los porcentajes de planta y mazorca han variado, y las dos densidades tienen los mismos valores, de 45,9% y de 54,1%, respectivamente.

CUADRO 44. Valores medios por densidad, de biomasa seca en el ensayo de campo.

Tratamiento	TOTAL	PLANTA	%PLANTA	MAZORCA	%MAZORCA
Densidad 1	3470	1580	45,9	1890	54,1
Densidad 2	3105	1421	45,9	1684	54,1

De la observación de dicho cuadro se puede observar, que los mayores valores de biomasa total en fresco son las Dosis 60 y 30, y el menor valor es la Dosis 120. De la fracción de planta, el valor superior corresponde a la Dosis 30, y el menor a la Dosis 120; y en la fracción de mazorca, el valor más alto es en el abonado mineral, y el más bajo la Dosis 120.

CUADRO 45. Valores medios por tratamientos, de biomasa fresca en el ensayo de campo

Tratamiento	TOTAL	PLANTA	%PLANTA	MAZORCA	%MAZORCA
Mineral	5337	2915	54,9	2422	45,1
Dosis 30	5523	3413	61,9	2110	38,1
Dosis 60	5603	3283	58,9	2320	41,1
Dosis 120	4503	2610	58,3	1893	41,7

El valor máximo de peso total de biomasa seca corresponde a la Dosis 60, y el valor mínimo a la Dosis 120. En la fracción de planta, es la Dosis 30 el tratamiento con mayor peso de planta y la Dosis 120 el menor. En el peso de las mazorcas, el valor superior corresponde al abonado mineral y el menor a la Dosis 120. Se observa una linealidad en los resultados con los de biomasa en fresco.

CUADRO 46. Valores medios por tratamientos, de biomasa seca en el ensayo de campo.

Tratamiento	TOTAL	PLANTA	%PLANTA	MAZORCA	%MAZORCA
Mineral	3419	1445	42,8	1973	57,2
Dosis 30	3466	1694	49,1	1772	50,9
Dosis 60	3477	1603	46,5	1874	53,5
Dosis 120	2790	1260	45,2	1530	54,9

En el Cuadro 47 se puede observar los diferentes pesos frescos, por el tratamiento y densidad aplicados.

En el **peso fresco total** no hay diferencias significativas entre los distintos tratamientos. El valor máximo es el del tratamiento con abonado mineral y densidad 1 con 5.973 gramos, seguido por el tratamiento con purín a Dosis 60 y densidad 1. El valor mínimo corresponde al tratamiento con purín a Dosis 120 y densidad 1. A excepción del tratamiento con Dosis 120 y del abonado mineral en la densidad 2, en el resto de tratamientos la media es mayor en la densidad 1 que en la densidad 2.

El valor medio del **peso fresco de la planta** es de 3.055 gramos. Siendo el máximo de 3.520 g, correspondiente al tratamiento con purín a Dosis 30 y densidad 1, y el mínimo valor es de 2.541 g y corresponde al tratamiento con purín a D-120 con densidad 1. Entre el tratamiento con purín a D-30 y el tratamiento con purín a D-60 de la densidad 1 no hay diferencias significativas, pero presentan ambos tratamientos diferencias significativas con el tratamiento D-120 de la densidad 1.

El valor medio correspondiente al **porcentaje de planta fresca** es de 58,5 %, con un rango del 16,9 %. Existen diferencias significativas entre el valor más alto, 62,9 % del tratamiento con D-30 y densidad 2 y el valor más bajo, 53,5 % del tratamiento con abono mineral.

En el **peso de mazorca fresca**, no hay diferencias significativas entre los diversos tratamientos. El valor máximo se da en el abonado mineral y densidad 1 con 2.797 g, y el valor mínimo en la Dosis 120 de purín y densidad 1. Hay cuatro tratamientos con valores superiores a la media y otros cuatro con valores inferiores.

En este caso, la media del **porcentaje de mazorca fresca** es complementaria al porcentaje de planta fresca. El porcentaje más alto de mazorca corresponde al tratamiento con abono y densidad 1, y el valor más bajo se da en el tratamiento con D-30 y densidad 2.

A diferencia del peso fresco total, en el caso del **peso total seco** sí existen diferencias significativas entre los tratamientos. El valor máximo pertenece al tratamiento con abonado mineral y densidad 1 con 3.844 g, y el valor mínimo es de 2.743 g en el tratamiento con D-120 y densidad 2.

En el carácter **peso de la planta seca** el valor medio es de 1.500 g, hay cinco tratamientos con valores superiores a la media. Existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos, siendo el valor más alto en la Dosis 30 y densidad 1 con 1.781 g, y el valor más bajo en la Dosis 120 y densidad 2 con 1.220 g.

En el **porcentaje de planta seca** los valores son equivalentes a los obtenidos en el porcentaje de planta fresca, y como en el caso de planta fresca el valor más alto corresponde al tratamiento con Dosis 30 y densidad 2 con 49,8 % y el valor más bajo al abonado mineral y densidad 1 con 41,7 %. El valor medio de todo el ensayo es de 45,9 %, con valores superiores a la media en cinco tratamientos.

El valor medio de **mazorca seca** es de 1.787 g. El valor máximo es de 2.262 g, y corresponde al tratamiento con abonado mineral y densidad 1, el valor mínimo es de 1.444 g, y corresponde al

tratamiento con purín a Dosis 120 y densidad 1. El valor máximo y el valor mínimo representan valores significativos con respecto al resto de los tratamientos.

El valor medio de **porcentaje de mazorca seca** en todo el ensayo de campo es de 54,1%. El tratamiento de abonado mineral y densidad 1 es el tratamiento que presenta mayor porcentaje de mazorca seca con un 58,3%. El tratamiento de purín con Dosis 30 y densidad 2, presenta el porcentaje menor de mazorca con un 50,2%. El valor máximo y el valor mínimo representan valores significativos con respecto al resto de los tratamientos.

Resumen, el tratamiento que obtiene mayor peso de planta es la Dosis 30, y el mayor peso de mazorca corresponde al abonado mineral. Por densidades, la densidad 1 es la que da mayor peso, tanto de planta como de mazorca.

CUADRO 47. Estudio estadístico de los caracteres de biomasa fresca en el ensayo de campo.

Tratamiento	TOTAL	PLANTA	%PLANTA	MAZORCA	%MAZORCA
Densidad 1					
Mineral	5973 a	3177 a b	53,5 b	2797 a	46,5 a
Dosis 30	5780 a	3520 a	60,9 a b	2260 a	39,1 a b
Dosis 60	5860 a	3447 a	59,0 a b	2413 a	41,0 a b
Dosis 120	4397 a	2547 b	57,8 a b	1850 a	42,2 a b
Densidad 2					
Mineral	4700 a	2653 a b	56,3 a b	2047 a	43,7 a b
Dosis 30	5267 a	3307 a b	62,9 a	1960 a	37,1 b
Dosis 60	5347 a	3120 a b	58,8 a b	2227 a	41,2 a b
Dosis 120	4610 a	2673 a b	58,8 a b	1937 a	41,2 a b
media	5242	3055	58,5	2186	41,5
dev. tip.	930,86	526,78	4,26	504,25	4,26
rango	1576	973	9,4	947	9,4
mínimo	4397	2547	53,5	1850	37,1
máximo	5973	3520	62,9	2797	46,5
cv (%)	17,8	17,2	7,3	23,1	10,3

CUADRO 48. Estudio estadístico de los caracteres de biomasa seca en el ensayo de campo.

Tratamiento	TOTAL	PLANTA	%PLANTA	MAZORCA	%MAZORCA
Densidad 1					
Mineral	3844 a	1582 a	42 b	2262 a	58 a
Dosis 30	3702 a b	1781 a	48 a b	1921 a b	52 a b
Dosis 60	3592 a b c	1658 a	46 a b	1934 a b	54 a b
Dosis 120	2743 c	1299 b c	47 a b	1444 b	53 a b
Densidad 2					
Mineral	2993 a b c	1308 b c	44 a b	1685 a b	56 a b
Dosis 30	3230 a b c	1606 a	50 a	1624 a b	50 b
Dosis 60	3361 a b c	1549 a b	47 a b	1813 a b	53 a b
Dosis 120	2836 b c	1220 c	43 a b	1616 a b	57 a b
media	3288	1500	46	1787	54
dev. típ.	556	227	4	386	4
rango	1101	561	8	818	8
mínimo	2743	1220	42	1444	50
máximo	3844	1781	50	2262	58
cv (%)	17	15	9	22	7

Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente

3.7 OTRAS DETERMINACIONES

3.7.1 Control de lixiviado.

El control del lixiviado se controló en el ensayo de contenedores. En el Cuadro 50 se presentan los volúmenes de lixiviado obtenidos en cada tratamiento para cada fecha de control.

CUADRO 50. Cantidad de agua lixiviada, en función de los diferentes tratamientos recibidos, expresada en litros.

Tratamiento	02-ago	18-ago
D-0	18,33	2
D-30	1,67	3,9
D-60	2,67	12
60+turba	0	0
D-120	0,27	7,83
Mineral	5,33	3
Sin D-30	3,7	8,5
Sin D-60	23	68
Sin D-120	30	20

El tratamiento sin planta (suelo desnudo) presenta durante todo el tiempo de máxima evapotranspiración, el mayor volumen de lixiviados. En el resto de tratamientos no puede establecerse ningún tipo de linealidad por lo desiguales que son los resultados.

3.7.2 Control de la temperatura del suelo.

En el Cuadro 51, podemos observar las distintas temperaturas de suelo, que se dieron en el ensayo de campo y en el ensayo de contenedores. En determinadas fechas no se observan diferencias de temperatura entre el suelo del campo y el de los contenedores, pero otros días como el 9 y 14 de julio la temperatura en los contenedores es superior al campo. Estas diferencias no son mayores porque se protegió a los macetones con una malla de sombreado.

CUADRO 51. *Temperatura del suelo en los dos ensayos.*

FECHA	MACETONES	CAMPO
02/07/99	32°C	32°C
09/07/99	29,5°C	28°C
14/07/99	28°C	23°C
16/07/99	30°C	28°C
21/07/99	29°C	29°C
23/07/09	26°C	
03/08/99	26°C	25°C
10/08/99	31°C	26°C
13/08/99	30°C	30°C
13/09/99	25°C	25°C
15/10/99	14°C	14°C
18/10/99	14°C	14°C

3.8 ANÁLISIS DE HOJAS

3.8.1 Ensayo de contenedores.

3.8.1.1 Análisis de macronutrientes.

CUADRO 52. Estudio estadístico del contenido en macronutrientes en hoja en el ensayo de contenedores.

	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
Dosis 30	1,260 a	0,087 a	0,595 a	1,132 a	0,355 b
Dosis 0	0,503 d	0,115 a	0,599 a	0,886 b c	0,355 b
A. Min.	0,730 b	0,092 a	0,753 a	0,935 b	0,385 a b
Dosis 60	0,533 c d	0,075 a	0,610 a	0,898 b	0,432 a
Dosis 120	0,707 b c	0,110 a	0,645 a	0,884 b c	0,410 a b
60 + Turba	0,557 b c d	0,079 a	0,558 a	0,739 c	0,420 a b
Media	0,715	0,093	0,627	0,912	0,393
Desv. Típ.	0,278	0,043	0,168	0,137	0,044
Rango	0,970	0,180	0,760	0,580	0,150
Mínimo	0,420	0,040	0,470	0,710	0,300
Máximo	1,390	0,220	1,230	1,290	0,450
CV (%)	38,853	45,972	26,745	14,962	11,300

Medias seguida por la misma letra no difieren significativamente ($p > 0,05$).

Nitrógeno:

El tratamiento con Dosis 30 ha inducido la mayor concentración de N en hoja en el momento de la recolección, mostrando diferencias estadísticamente significativas respecto al resto de los tratamientos; la menor concentración de N se da en la Dosis 0, sin mostrar diferencias significativas respecto a los tratamientos Dosis 60 y Dosis 60 + turba.

El suministro de nitrógeno en este ensayo no ha sido comparable a la riqueza que se suponía en el purín.

Fósforo:

La mayor concentración de P se obtuvo en el tratamiento con Dosis 0, sin que existan diferencias significativas entre el resto de los tratamientos. Por el contrario la menor concentración en fósforo la obtuvo el tratamiento con Dosis 60.

Potasio:

Una vez realizado el análisis foliar la mayor concentración se obtuvo sobre el tratamiento de abonado mineral, seguido por la Dosis 120. El tratamiento con Dosis 60 + turba obtuvo la menor concentración de este elemento. No hay diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

Calcio:

El tratamiento Dosis 60 + turba es el que menor concentración de este elemento ha inducido a la planta sin mostrar diferencias significativas respecto a la Dosis 120 y a la Dosis 0. A su vez éstas no las muestran respecto a la Dosis 60 y al abonado mineral.

El tratamiento que indujo una mayor concentración de calcio en hoja fue la Dosis 30, con diferencias significativas.

Magnesio:

La mayor concentración de este elemento se obtuvo en la Dosis 60 sin que éste mostrara diferencias significativas respecto a los tratamientos con abonado mineral, Dosis 120 y 60 + turba. Por el contrario, la menor concentración se dio en los tratamientos con Dosis 30 y Dosis 0 sin mostrar diferencias significativas con el resto de los tratamientos a excepción de la Dosis 60.

En este ensayo, el tratamiento de 60 + turba la planta ha inducido un % menor a la media en todos los elementos a excepción del Mg.

Resumen, los datos obtenidos en ambos ensayos no son muy coherentes, el abonado mineral no destaca por un mayor porcentaje de macronutrientes en la hoja. En cambio, en los tratamientos con menor cantidad de elementos nutritivos, la hoja de inserción de la mazorca ha inducido más cantidad de elementos que las que tenían mayor disponibilidad en el suelo.

3.8.1.2 Análisis de micronutrientes.

CUADRO 53. Estudio estadístico del contenido en micronutrientes en hoja en el ensayo de contenedores.

	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
Dosis 30	203,316 a	127,848 a	13,044 a	122,681 a
Dosis 0	174,746 a b	136,785 a	4,574 d	42,888 c
A. Min.	176,994 a b	116,489 a	5,961 c d	63,842 b c
Dosis 60	123,243 b	67,833 b c	6,793 c	44,691 c
Dosis 120	155,137 a b	89,206 b	10,256 b	72,956 b
60 + Turba	169,672 a b	63,215 c	6,886 c	60,592 b c
Media	167,185	100,229	7,919	67,941
Desv. Típ.	36,998	31,382	3,067	29,215
Rango	142,970	99,050	10,900	102,240
Mínimo	91,530	57,810	4,010	27,520
Máximo	234,500	156,860	14,910	129,760
CV (%)	22,130	31,310	38,730	43,001

Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($p > 0,05$).

Hierro: La menor concentración la presentaron los tratamientos con Dosis 60 y Dosis 120 sin diferir significativamente con los otros tratamientos, exceptuando la Dosis 30, el cual presentó la mayor concentración de hierro.

Manganeso: La mayor concentración de manganeso se obtuvo sobre el tratamiento con Dosis 0, sin que existan diferencias significativas con la Dosis 30 y el abonado mineral; y la menor sobre el tratamiento 60 + turba, seguido de la Dosis 60, sin diferencias significativas.

Cobre: La mayor concentración de cobre se halló en los lisímetros con Dosis 30, mostrando diferencias significativas con todos los demás lisímetros.

La menor concentración de cobre se obtuvo sobre los lisímetros con Dosis 0 y abonado mineral con diferencia significativa respecto a los demás.

Zinc: La mayor concentración de zinc se obtuvo en los lisímetros con Dosis 30 mostrando diferencias estadísticamente significativas respecto a los demás lisímetros. La menor concentración se dio en la Dosis 0, sin que existan diferencias significativas con el abonado mineral, Dosis 60 y 60 + turba.

3.8.2 Ensayo de campo.

Tras realizar en el laboratorio el análisis del contenido en macro y micronutrientes de la hoja de inserción de la mazorca, se obtuvieron los resultados reflejados en los Cuadros 53 y 54 correspondientes al ensayo de campo.

3.8.2.1. Análisis de macronutrientes.

CUADRO 54. Estudio estadístico del contenido de macronutrientes en hoja en el ensayo de campo.

		% N	% P	% K	% Ca	% Mg
Densidad 1	A. Min.	1,158 a	0,107 a	0,542 a	1,167 a	0,328 a
	Dosis 30	0,778 b c	0,185 a	0,515 a	1,112 a	0,335 a
	Dosis 60	0,968 a b c	0,150 a	0,708 a	1,031 a	0,334 a
	Dosis 120	1,038 a b	0,166 a	0,647 a	1,006 a	0,304 a
Densidad 2	A. Min.	1,185 a	0,113 a	0,551 a	0,981 a	0,340 a
	Dosis 30	0,695 c	0,167 a	0,495 a	1,053 a	0,323 a
	Dosis 60	0,813 b c	0,144 a	0,599 a	1,145 a	0,308 a
	Dosis 120	0,908 a b c	0,150 a	0,696 a	1,147 a	0,346 a
Media		0,943	0,148	0,594	1,080	0,327
Desv. Típ.		0,238	0,050	0,141	0,204	0,069
Rango		0,940	0,240	0,570	0,870	0,230
Mínimo		0,440	0,070	0,320	0,600	0,220
Máximo		1,380	0,310	0,890	1,470	0,450
CV (%)		25,294	33,710	23,775	18,867	20,963

Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($p > 0,05$).

Nitrógeno:

El tratamiento con dosis 30 ha inducido la menor concentración de N en la hoja en el momento de la recolección en las dos densidades, sin mostrar diferencias significativas respecto al tratamiento Dosis 60 en la densidad 1 y a los tratamientos D-60 y D-120 en la densidad 2. Por el contrario, el tratamiento con abonado mineral obtuvo la mayor concentración de N en las dos densidades.

En una situación intermedia se encuentran los tratamientos de Dosis 120 y D-60, en los cuales la concentración de N ha sido comparable a la riqueza que se supone en el purín.

Fósforo:

La mayor concentración de fósforo se obtuvo sobre el tratamiento con Dosis 30 en las dos densidades, sin que existan diferencias significativas con el resto de los tratamientos. El tratamiento con menor concentración de fósforo es el de abonado mineral. Las concentraciones obtenidas no tienen concordancia con los tratamientos aplicados.

Potasio:

La menor concentración de potasio se obtuvo en la Dosis 30 de la densidad 2 y en la Dosis 30 de la densidad 1, sin que existan diferencias significativas respecto al resto de los tratamientos.

El tratamiento de Dosis 60 y densidad 1 obtuvo la mayor concentración de este elemento.

Cuando se hacen las medias por tratamientos se observa que el tratamiento con Dosis 120 tiene la concentración media más alta con 0,6715 %, y el valor más bajo corresponde a la Dosis 30, como sucedía en las medias por tratamiento y densidad.

Calcio:

La menor concentración de este elemento se obtuvo en el tratamiento con abonado mineral y densidad 2, y la mayor concentración se obtuvo en el tratamiento mineral y densidad 1. No hay diferencias significativas entre los diferentes tratamientos.

En las medias por tratamientos, el valor medio más alto corresponde a la Dosis 60 y el más bajo al abonado mineral, pero el coeficiente de variación es mínimo.

Magnesio:

El tratamiento Dosis 120 y densidad 1 es el que menor concentración de este elemento a inducido la planta; por el contrario, este tratamiento en la densidad 2 es el valor más alto inducido por la planta. En este elemento tampoco hay diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

Resumen. Según los resultados obtenidos en este análisis de macroelementos, a excepción del nitrógeno, para el resto de elementos no hay diferencias significativas entre los distintos tratamientos y densidades.

La mayor concentración de elementos disponibles en el suelo no influye para una mayor inducción de elementos por la planta, como se aprecia en estos resultados.

3.8.2.2 Análisis de micronutrientes.

CUADRO 55. Estudio estadístico del contenido en micronutrientes en hoja en el ensayo de campo.

	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	
Densidad 1	A. Mín.	182,332 a	178,256 a	10,022 a	51,577 a b
	Dosis 30	191,830 a	175,257 a b	5,485 b c	41,171 b
	Dosis 60	158,435 a	168,868 a b c	7,527 a b c	36,656 b
	Dosis 120	212,277 a	159,211 a b c	8,377 a b	62,163 a
Densidad 2	A. Mín.	224,595 a	144,974 c	7,882 a b	45,988 a b
	Dosis 30	175,755 a	161,719 a b c	4,636 c	37,387 b
	Dosis 60	200,137 a	147,623 b c	5,511 b c	35,294 b
	Dosis 120	179,205 a	149,064 b c	7,377 a b c	55,228 a b
Media	190,571	160,621	7,102	45,683	
Desv. Típ.	47,571	19,266	2,364	14,131	
Rango	202,920	67,610	9,450	49,260	
Mínimo	110,280	124,540	3,410	27,130	
Máximo	313,200	192,150	12,860	76,390	
CV (%)	24,962	11,995	33,281	30,932	

Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($p > 0,05$).

Hierro: La mayor concentración la presentó el tratamiento de abonado mineral y densidad 2, y la menor concentración de hierro fue en la Dosis 60 con densidad 1. No existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos y densidades.

Manganeso: La mayor concentración de manganeso se obtuvo en el abonado mineral y densidad 1 y la menor sobre este mismo tratamiento en la densidad 2. Los demás lisímetros se hallan en una situación intermedia.

Cobre: La mayor concentración de cobre se obtuvo sobre el abonado mineral y densidad 1 y la menor concentración se halló en la Dosis 30 y densidad 2.

Zinc: La mayor concentración de zinc se obtuvo en los lisímetros con Dosis 120 y densidad 1, sin mostrar diferencias significativas con el abonado mineral de la misma densidad y el abonado mineral de la densidad 2 y la Dosis 120 también en la densidad 2. La menor concentración se produjo en la Dosis 60 y densidad 2, sin que existan diferencias significativas con el resto de tratamientos, a excepción del valor máximo.

3.9 ANÁLISIS DE LIXIVIADO

Resultados de las concentraciones de cloruros, sulfatos, nitratos y fosfatos encontrados en el agua de lixiviado recogida durante el ciclo vegetativo del cultivo de maíz.

CUADRO 56. Concentración de cloruros según el tratamiento recibido.

	CLORUROS			
	23-jun-99	02-ago-99	18-ago-99	13-sep-99
Dosis 0	68,760	20,233	43,167	36,408
Dosis 30	67,051	17,550	32,900	30,428
Dosis 60	70,598	31,362	42,295	55,654
60+Turba	68,130		59,986	28,535
Dosis 120	123,456	32,519	51,159	36,499
A. Mineral	77,071	45,300	51,225	30,119
Sin 30	86,111	32,010	57,404	26,566
Sin 60	50,839	29,014	46,646	33,792
Sin 120	73,904	54,895	60,811	61,254
media	76,213	32,860	49,510	37,695
des. Tip.	20,050	12,259	9,232	12,318
c.v.	26,308	37,307	18,646	32,677

CUADRO 57. Concentración de sulfatos según el tratamiento recibido.

	SULFATOS			
	23-jun-99	02-ago-99	18-ago-99	13-sep-99
Dosis 0	318,034	94,102	203,777	164,185
Dosis 30	278,670	79,982	131,351	123,248
Dosis 60	317,128	143,056	191,070	92,545
60+Turba	308,858		288,928	141,997
Dosis 120	334,524	139,764	137,118	140,608
A. Mineral	340,777	187,575	200,046	105,879
Sin 30	354,680	168,693	218,728	160,243
Sin 60	226,673	129,669	188,358	141,024
Sin 120	352,709	219,279	234,888	212,709
media	314,673	145,302	199,363	143,493
des. Tip.	40,642	46,238	47,918	37,522
c.v.	12,916	31,812	24,035	26,149

FIGURA 14. Evolución de la concentración de cloruros en los distintos muestreos.

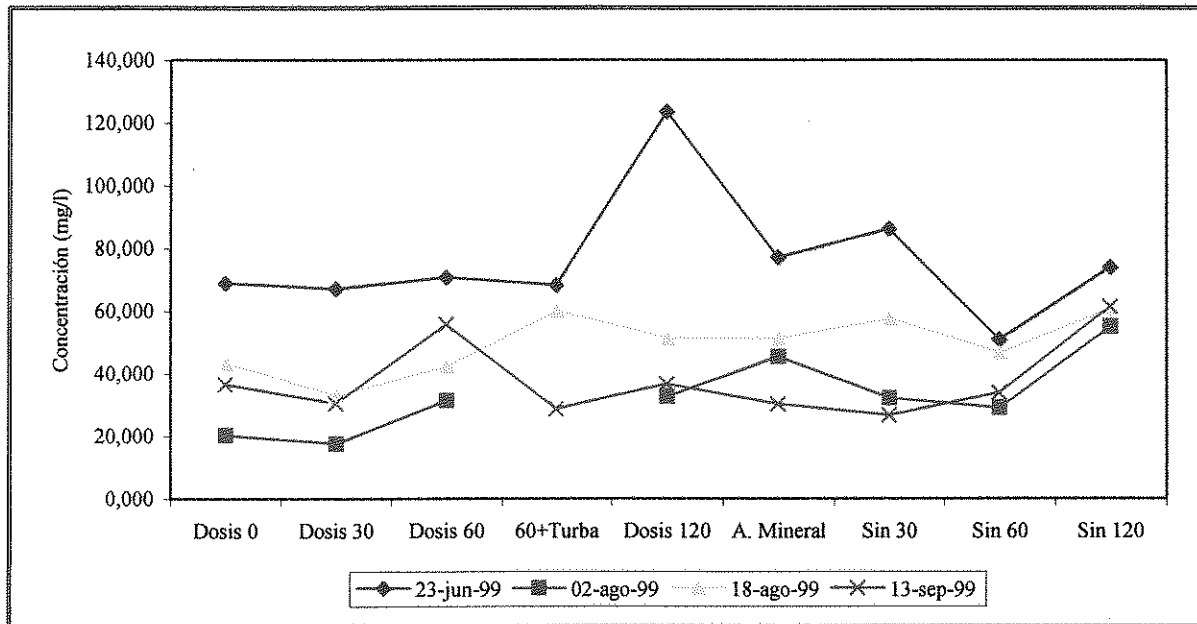
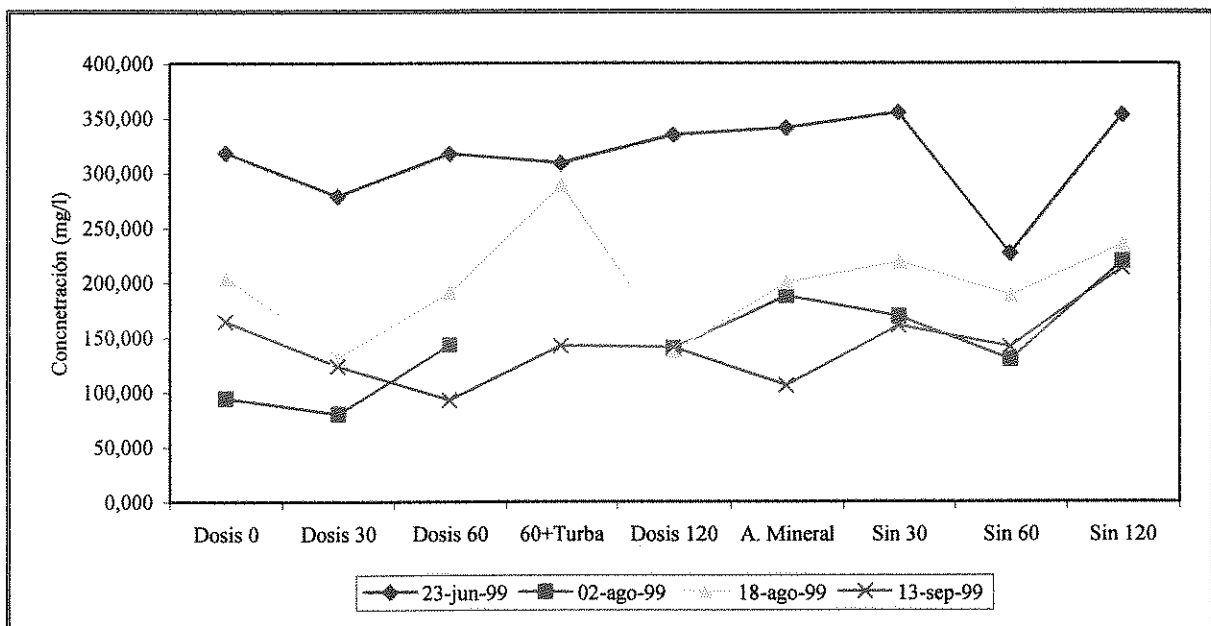


FIGURA 15. Evolución de la concentración de sulfatos en los distintos muestreos.



CUADRO 58. Concentración de nitratos en el agua lixiviada según el tratamiento

	NITRATOS			
	23-jun-99	02-ago-99	18-ago-99	13-sep-99
Dosis 0	49,554	0,782	0,000	0,000
Dosis 30	154,328	1,535	3,674	4,073
Dosis 60	245,304	0,189	0,000	2,161
60+Turba	70,830		0,580	3,753
Dosis 120	232,405	0,000	0,000	3,585
A. Mineral	122,516	0,000	0,000	2,696
Sin 30	122,670	13,079	34,486	0,000
Sin 60	100,708	28,656	86,484	9,011
Sin 120	161,832	24,874	21,726	0,000
media	140,016	8,639	16,328	2,809
des. Tip.	66,544	12,052	29,059	2,865
c.v.	47,526	139,507	177,972	101,997

CUADRO 59. Concentración de fosfatos en el agua lixiviada según el tratamiento

	FOSFATOS			
	23-jun-99	02-ago-99	18-ago-99	13-sep-99
Dosis 0	90,029	70,685	74,052	43,064
Dosis 30	78,030	85,652	103,260	49,270
Dosis 60	90,879	82,619	108,823	68,578
60+Turba	39,519		4,497	47,428
Dosis 120	86,247	71,926	137,293	49,215
A. Mineral	66,089	129,117	110,738	54,855
Sin 30	61,493	56,530	118,593	115,091
Sin 60	69,189	129,438	61,371	150,344
Sin 120	58,679	126,451	170,820	146,520
media	71,128	106,652	98,828	80,485
des. Tip.	16,955	32,641	47,736	44,275
c.v.	23,837	30,606	48,302	55,010

FIGURA 16. Evolución de la concentración de nitratos en los distintos muestreos.

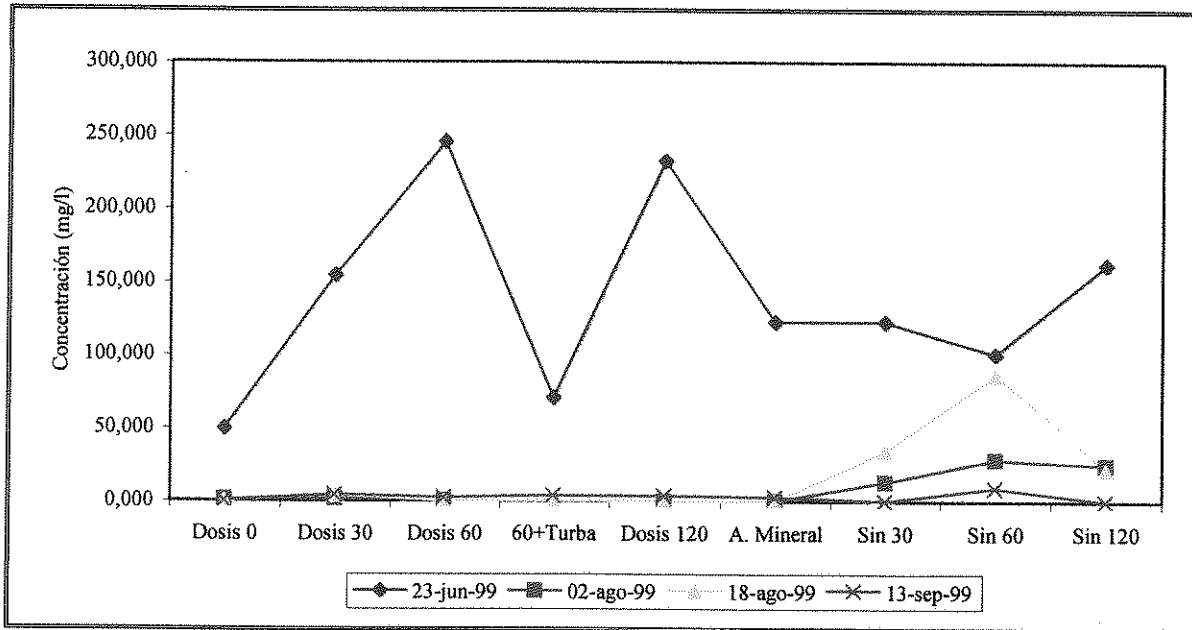
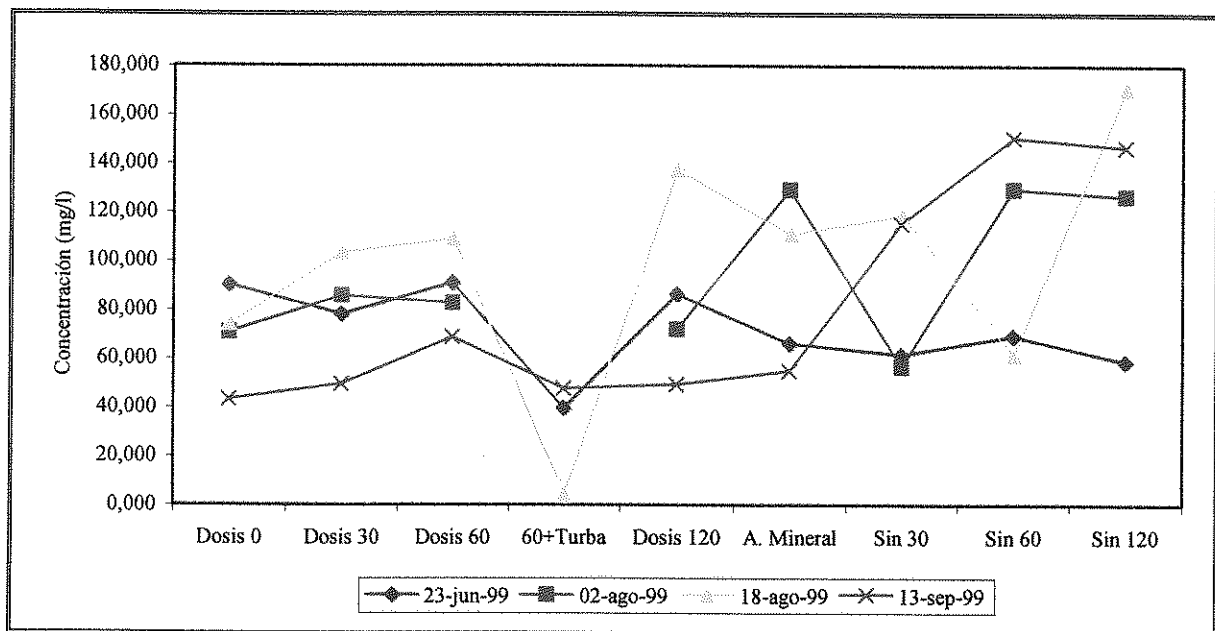
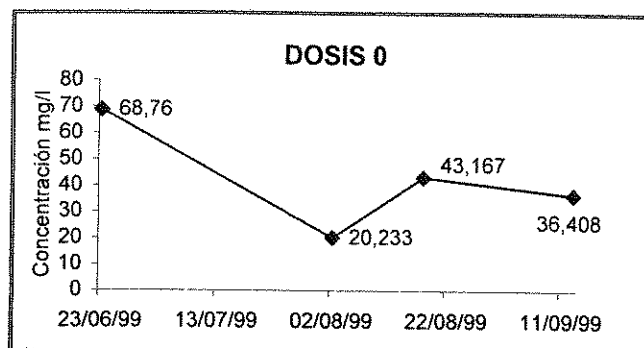
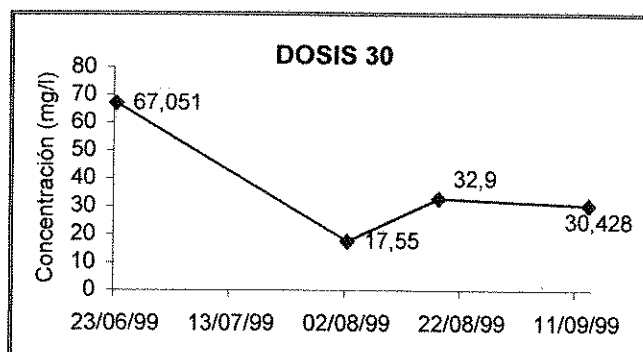


FIGURA 17. Evolución de la concentración de fosfatos en los distintos muestreos.



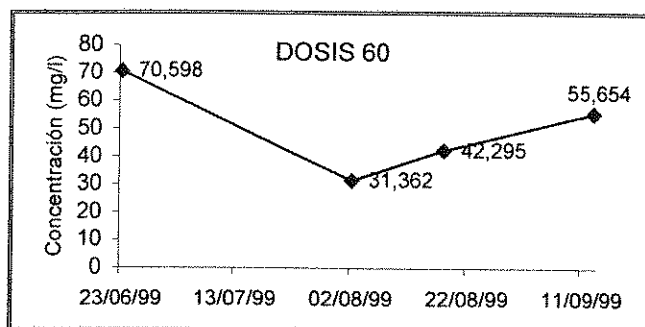
CLORUROS**FIGURA 18.** Evolución de la concentración de cloruros en el agua lixiviada en los macetones con Dosis 0.

En el tratamiento con Dosis 0, la mayor concentración de cloruros se produjo en la primera recogida de muestras, con 68,76 mg/l y la menor concentración se produjo en el segundo día con 20,233 mg/l.

FIGURA 19. Evolución de la concentración de cloruros en el agua lixiviada en los macetones con Dosis 30.

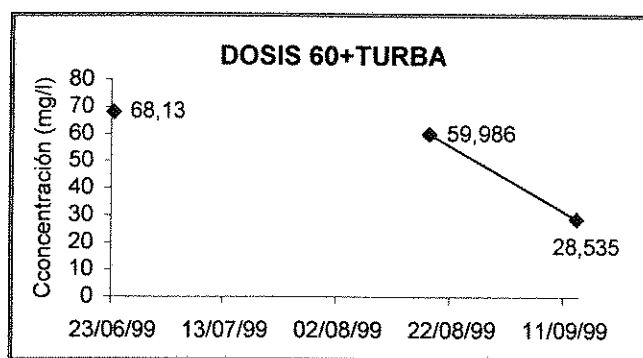
En el tratamiento con Dosis 30, el día que se produjo mayor concentración de cloruros fue el primero con 67,051 mg/l y el día que menos fue como en el caso anterior, en el segunda tomada de muestras con 17,55 mg/l.

FIGURA 20. Evolución de la concentración de cloruros en el agua lixiviada en los macetones con Dosis 60.



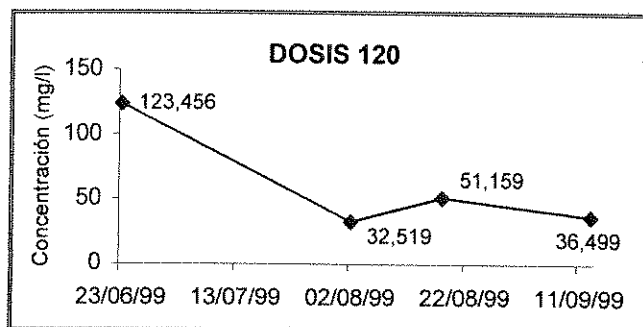
En el tratamiento con Dosis 60, la concentración más alta en cloruros corresponde al primer día (70,598 mg/l) y la concentración más baja se produjo el segundo día (31,362 mg/l). A diferencia del resto de tratamientos, en este, en el cuarto muestreo aumenta la concentración con respecto al anterior día.

FIGURA 21. Evolución de la concentración de cloruros en el agua lixiviada en los macetones con Dosis 60 + turba.



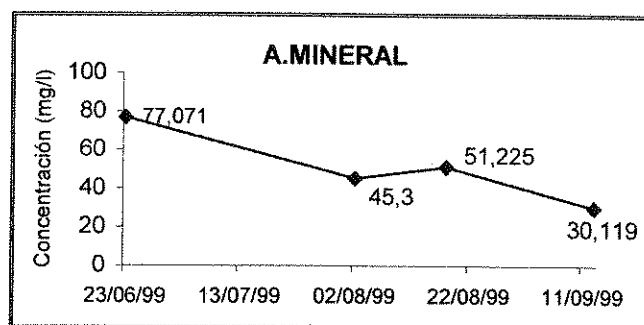
En el tratamiento con Dosis 60 + turba solo se tiene tres datos, ya que en el segundo control (2-agosto) no salió agua del lisímetro. El valor más alto se dio el primer día (68,13 mg/l) y el más bajo el último (28,535 mg/l).

FIGURA 22. Evolución de la concentración de cloruros en el agua lixiviada en los macetones con Dosis 120.



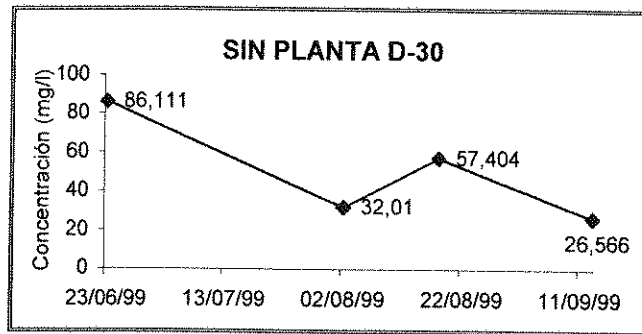
En el tratamiento con Dosis 120, la concentración más alta corresponde como en el resto de tratamientos al primer muestreo con 123,456 mg/l y la concentración más baja se produjo en el segundo con 32,519 mg/l.

FIGURA 23. Evolución de la concentración de cloruros en el agua lixiviada en los macetones con abonado mineral.



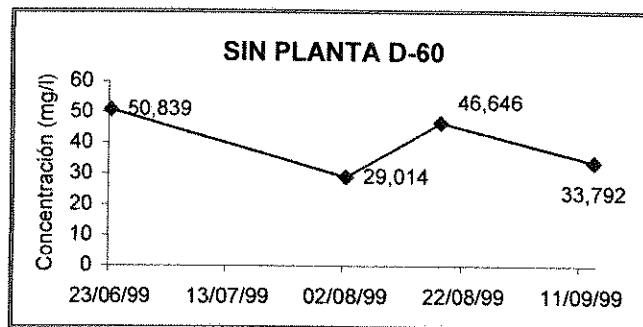
En el abonado mineral, la concentración más alta corresponde al primer muestreo con 77,071 mg/l y la más baja al último día con 30,119 mg/l.

FIGURA 24. Evolución de la concentración de cloruros en el agua lixiviada en los macetones sin planta y Dosis 30.



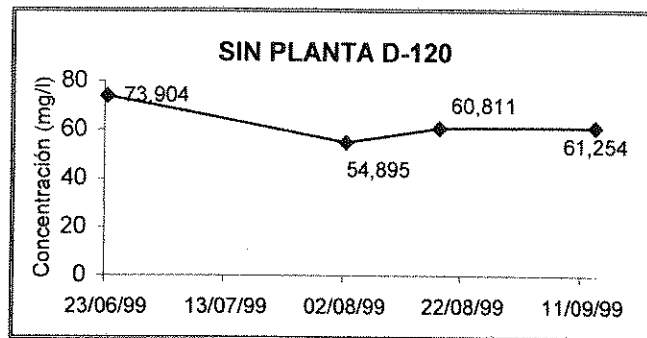
En el tratamiento sin planta con Dosis30, la concentración más alta se produjo en el primer muestreo (86,111 mg/l) y la más baja en el segundo (32,01 mg/l).

FIGURA 25. Evolución de la concentración de cloruros en el agua lixiviada en los macetones sin planta y Dosis 60.

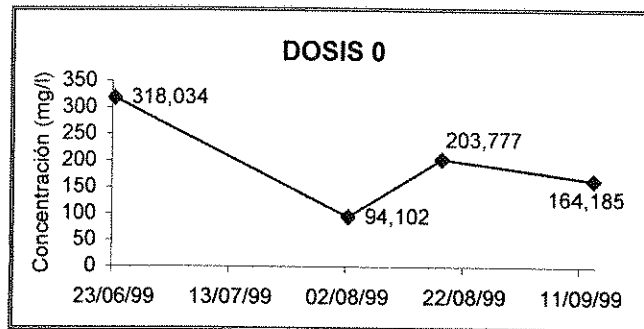


En el tratamiento sin planta con Dosis 60, el primer día es cuando se produjo la mayor concentración de cloruros en el agua de lixiviado con 50,839 mg/l y la menor concentración se produjo el segundo día con 29,014 mg/l.

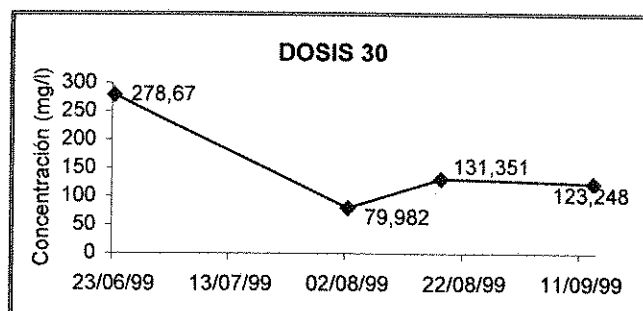
FIGURA 26. Evolución de la concentración de cloruros en el agua lixiviada en los macetones sin planta y Dosis 120.



En el tratamiento sin planta con Dosis 120, la concentración más alta se produjo en el primer muestreo con 73,904 mg/l y la más baja en el segundo muestreo con 54,896 mg/l.

SULFATOS**FIGURA 27.** Evolución de la concentración de sulfatos expresada en mg/l en la Dosis 0.

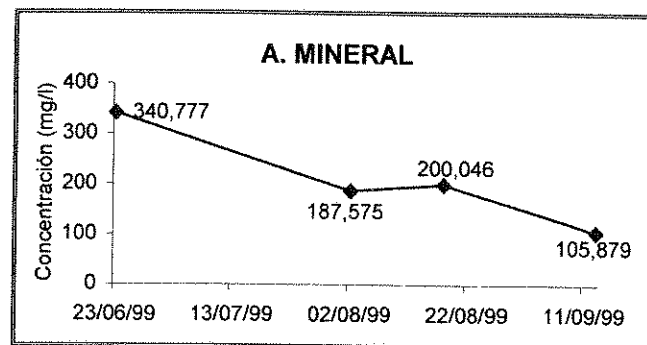
En el tratamiento Dosis 0, la concentración más alta se produjo en el primer muestreo (318,034 mg/l) y la más baja en el segundo (94,102 mg/l). En el tercer muestreo vuelve a subir la concentración y en el último baja.

FIGURA 28. Evolución de la concentración de sulfatos expresada en mg/l en la Dosis 30.

En el tratamiento Dosis 30, el valor más alto se dio en el primer muestreo (278,67 mg/l) y el más bajo en el segundo (79,982 mg/l).

Los macetones con tratamiento de purín con Dosis 120, obtuvieron la mayor concentración de sulfatos en el primer muestreo realizado con 334,524 mg/l. En los tres restantes muestreos no se aprecian diferencias entre las concentraciones obtenidas, aun así el tercer muestreo es el que tuvo la menor concentración con 137,118 mg/l.

FIGURA 32. Evolución de la concentración de sulfatos expresada en mg/l en la Dosis abonado mineral.



En el tratamiento con abonado mineral, la concentración más alta de sulfatos se produjo en el primer muestreo con 340,777 mg/l y la menor concentración se produjo en el último muestreo con 105,879 mg/l.

De los tratamientos sin planta, en el primer muestreo realizado el tratamiento con dosis 30 es el que obtiene la mayor concentración de sulfatos (354,68 mg/l) seguido de la Dosis 120 (352,709 mg/l) y por último la Dosis 60 (226,673 mg/l). En los tres restantes muestreos las concentraciones de la Dosis 60 son en todos los casos más bajas que en las Dosis 30 y Dosis 120, esto puede ser debido a que en el macetón correspondiente a la Dosis 60 el agua drenaba muy rápido, mientras que en los macetones de las Dosis 30 y Dosis 120 el agua se encharcaba durante algún tiempo, por lo que tardaba en drenar. La Dosis 120 es la que tiene mayor concentración de sulfatos.

FIGURA 33. Evolución de la concentración de sulfatos expresada en mg/l en la Dosis 30 sin planta.

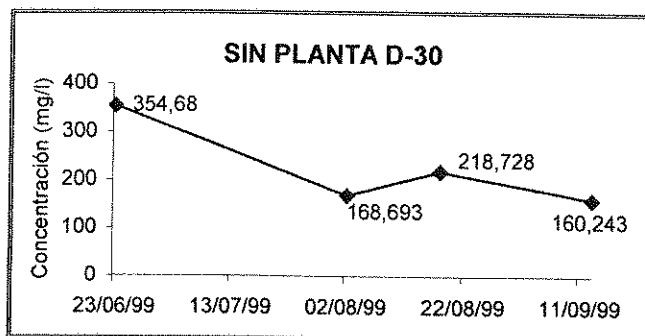


FIGURA 34. Evolución de la concentración de sulfatos expresada en mg/l en la Dosis 60 sin planta.

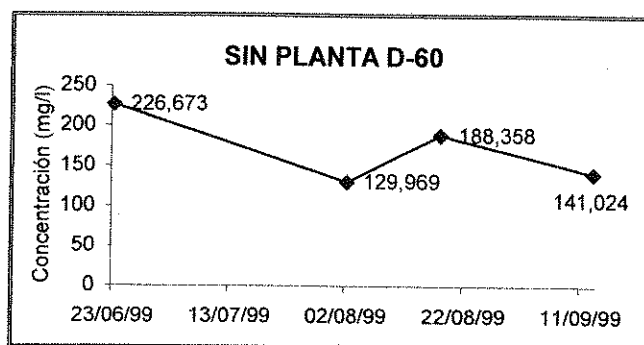
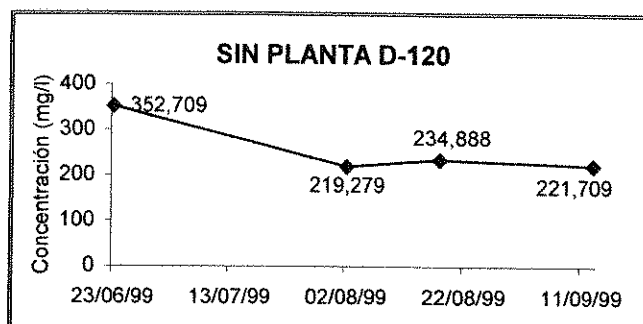


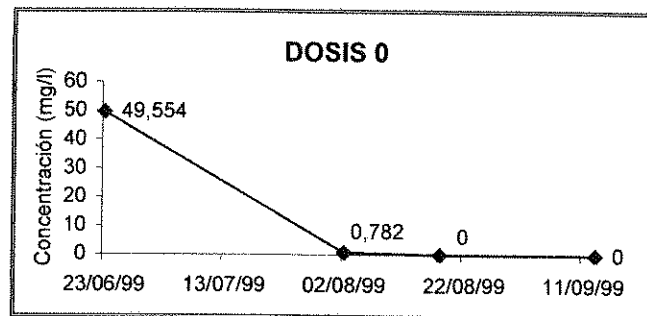
FIGURA 35. Evolución de la concentración de sulfatos expresada en mg/l en la Dosis 120 sin planta.



NITRATOS

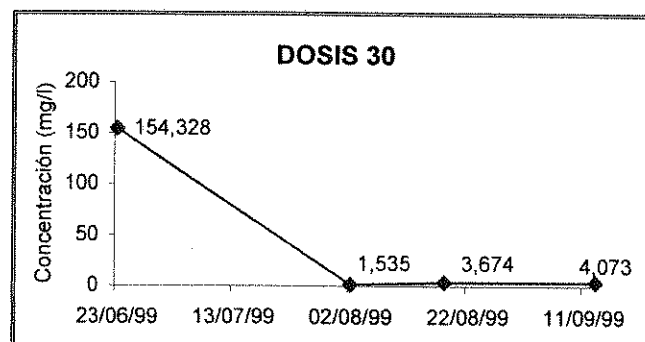
En los macetones con Dosis 0 de purín, en el primer muestreo realizado la concentración de nitratos era de 49,554 mg/l, en los siguientes muestreos esta concentración ha descendido bruscamente hasta ser inexistente.

FIGURA 36. Evolución de la concentración de nitratos en el agua lixiviada en los macetones con Dosis 0.



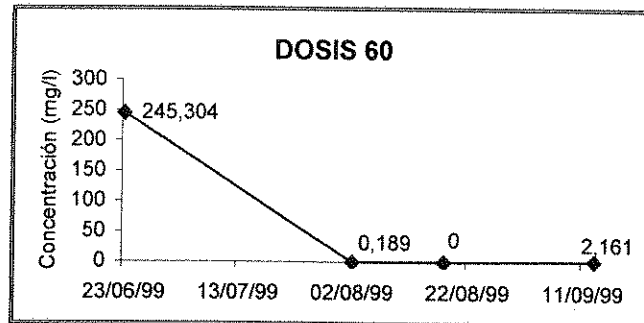
En el tratamiento con Dosis 30, la concentración de nitratos en el primer muestreo es muy superior al resto de muestreos. El valor más bajo se produjo el día 2 de agosto (2º muestreo), para en los siguientes muestreos elevar la concentración ligeramente.

FIGURA 37. Evolución de la concentración de nitratos en el agua lixiviada en los macetones con Dosis 30.



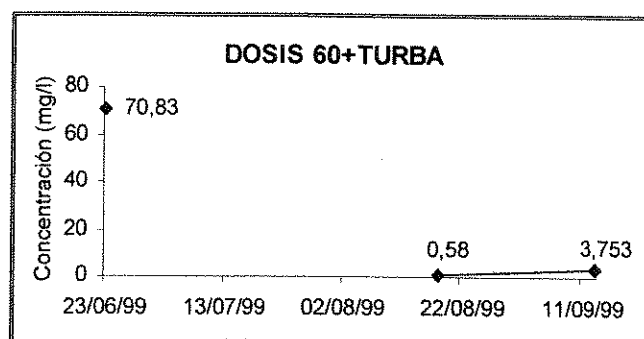
En el tratamiento con dosis 60, la mayor concentración de nitratos se recoge en el primer muestreo (245,304 mg/l), y desciende hasta prácticamente anularse en el segundo y tercer muestreo. En la última toma de muestras hay un pequeño ascenso de concentración (2,161 mg/l).

FIGURA 38. Evolución de la concentración de nitratos en el agua lixiviada en los macetones con Dosis 60.



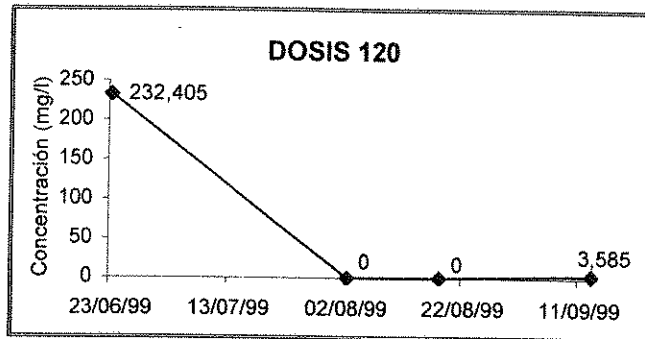
En el tratamiento con Dosis de purín 60 más turba la concentración más alta de nitratos se produjo en el primer muestreo (70,83 mg/l), y la concentración más baja en el tercer muestreo con 0,58 mg/l (no se recogió nada en el segundo muestreo realizado).

FIGURA 39. Evolución de la concentración de nitratos en el agua lixiviada en los macetones con Dosis 60 + turba.



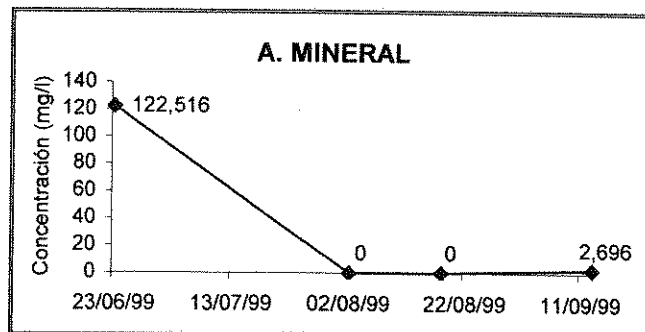
En el tratamiento con Dosis 120 la mayor concentración de nitratos en el agua lixiviada se produjo en el primer muestreo realizado con 232,405 mg/l, a partir de esta fecha hay un descenso muy brusco hasta 0 de nitratos, para subir en el último muestreo hasta 3,585 mg/l.

FIGURA 40. Evolución de la concentración de nitratos en el agua lixiviada en los macetones con Dosis 120.



En el tratamiento con abonado mineral la gráfica sigue la misma tendencia que en el resto de tratamientos realizados, así en el primer muestreo es cuando alcanza la concentración el valor más elevado para luego bajar hasta cero de nitratos, y finalmente obtener 2,696 mg/l.

FIGURA 41. Evolución de la concentración de nitratos en el agua lixiviada en los macetones con abonado mineral.



En los macetones sin planta la tendencia de la recta es parecida a la que se obtiene en los macetones con planta, pero a diferencia de estos las concentraciones de nitratos no se anulan en el segundo y tercer muestreo, aunque esto si sucede en el último para las Dosis 30 y 120.

FIGURA 42. Evolución de la concentración de nitratos en el agua lixiviada en los macetones sin planta y Dosis 30.

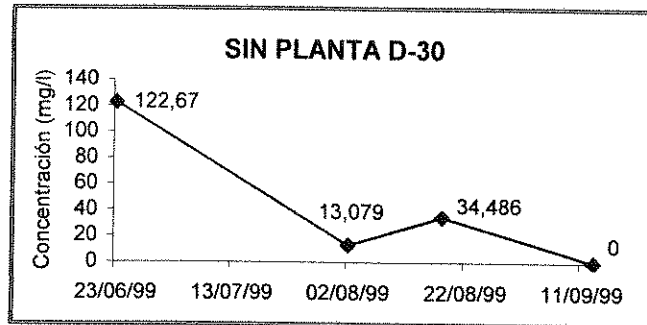


FIGURA 43. Evolución de la concentración de nitratos en el agua lixiviada en los macetones sin planta y Dosis 60.

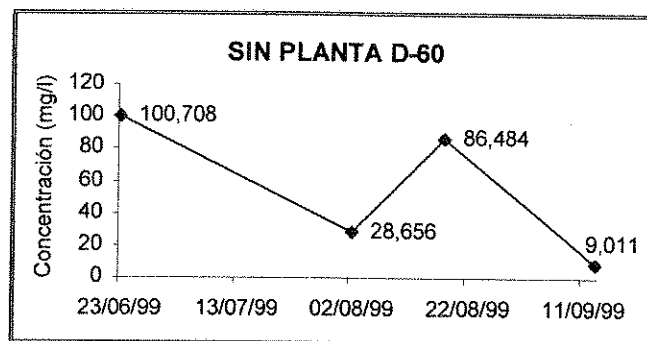
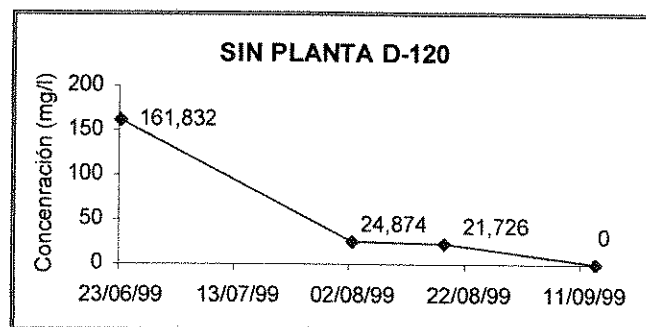


FIGURA 44. Evolución de la concentración de nitratos en el agua lixiviada en los macetones sin planta y Dosis 120.

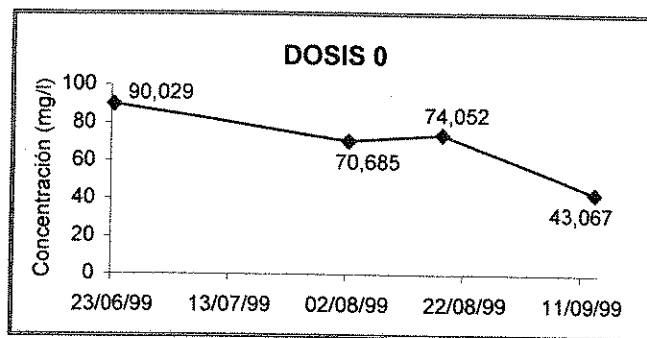


Resumen. La aportación de nitrógeno viene condicionada por la escasa retención de este elemento por el suelo, por lo que hay gran riesgo de que pueda ser arrastrado por el agua de percolación. Y esto es lo que nos está sucediendo en todos los casos , como se aprecia en las figuras, en las que en el primer muestreo se lavan casi todos los nitratos, y en los siguientes muestreos la concentración de nitratos es prácticamente inexistente.

FOSFATOS

En el tratamiento con Dosis 0 la mayor concentración de fosfatos se produjo en el primer muestreo con 90,029 mg/l y la menor concentración en el último con 43,067 mg/l.

FIGURA 45. Evolución de la concentración de fosfatos en el agua lixiviada en los contenedores con Dosis 0.



En el tratamiento con Dosis 30 la mayor concentración de fosfatos se produjo en el tercer muestreo con 103,26 mg/l, y el valor más bajo en el cuarto con 49,27 mg/l.

FIGURA 46. Evolución de la concentración de fosfatos en el agua lixiviada en los contenedores con Dosis 30.

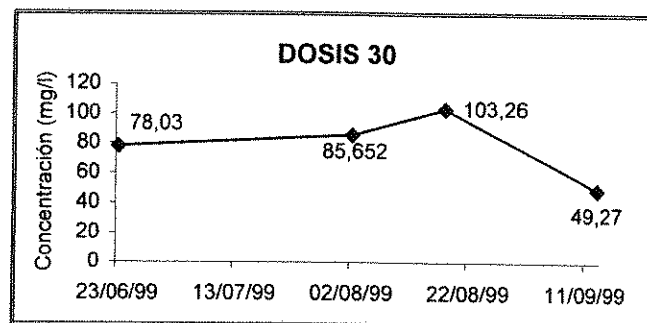
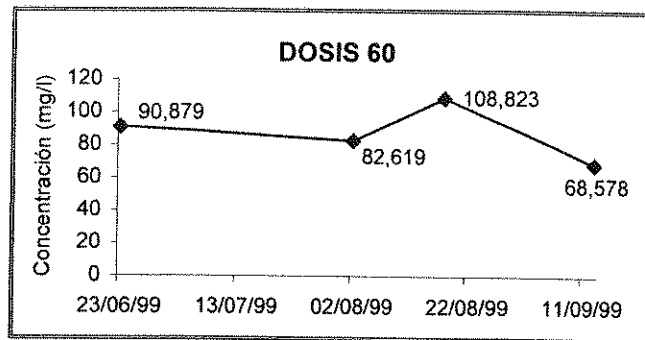


FIGURA 47. Evolución de la concentración de fosfatos en el agua lixiviada en los contenedores con Dosis 60.



En el tratamiento con Dosis 60 de purín, la mayor concentración de fosfatos se dio en el tercer muestreo con 108,823 mg/l, y la menor en el cuarto muestreo con 68,578 mg/l.

En el tratamiento con Dosis 60 más turba en el tercer muestreo hay un descenso de fosfatos muy acusado con 4,497 mg/l siendo el valor más bajo, y la concentración más alta se ha producido en el cuarto muestreo con 47,428 mg/l.

FIGURA 48. Evolución de la concentración de fosfatos en el agua lixiviada en los contenedores con Dosis 60 + turba.

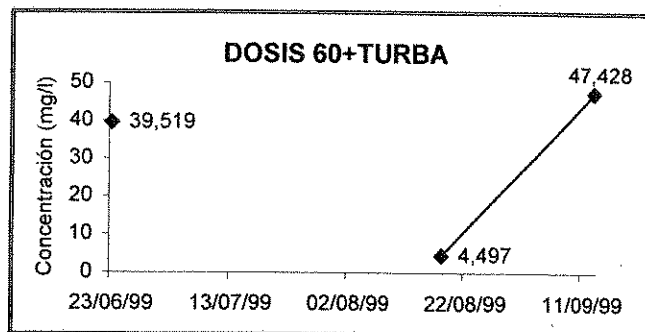
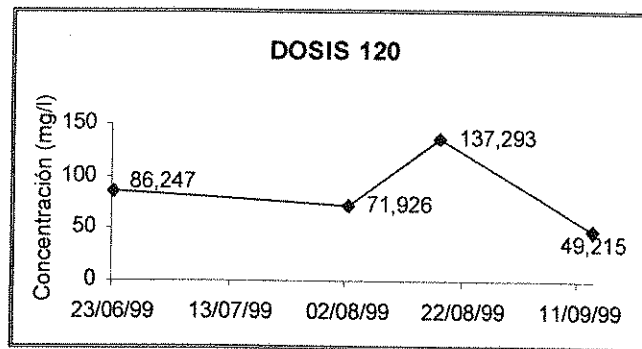


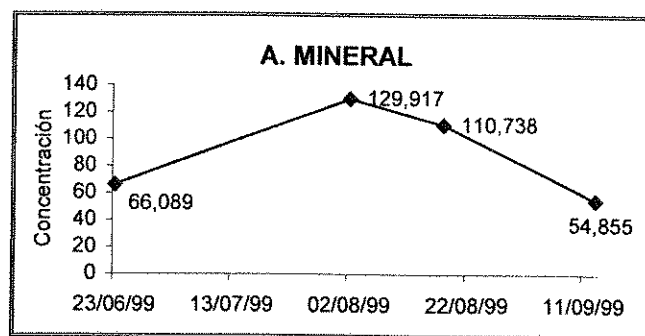
FIGURA 49. Evolución de la concentración de fosfatos en el agua lixiviada en los contenedores con Dosis 120.



En el tratamiento con Dosis 120 el valor más alto se produjo en el tercer muestreo con una concentración de 137,293 mg/l y el más bajo en el cuarto con 49,215 mg/l.

En el tratamiento con abonado mineral la concentración más alta de fosfatos se produjo en el segundo muestreo con 129,917 mg/l y la más baja en el último muestreo con 54,855 mg/l.

FIGURA 50. Evolución de la concentración de fosfatos en el agua lixiviada en los contenedores con abonado mineral.



En el contenedor sin planta y Dosis 30 el valor más alto de fosfatos se dio en el segundo muestreo con 156,53 mg/l y la más baja en el primer muestreo con 61,493 mg/l.

FIGURA 51. Evolución de la concentración de fosfatos en el agua lixiviada en los contenedores sin planta y Dosis 30.

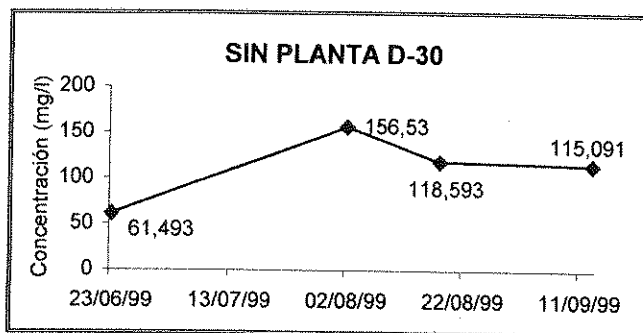
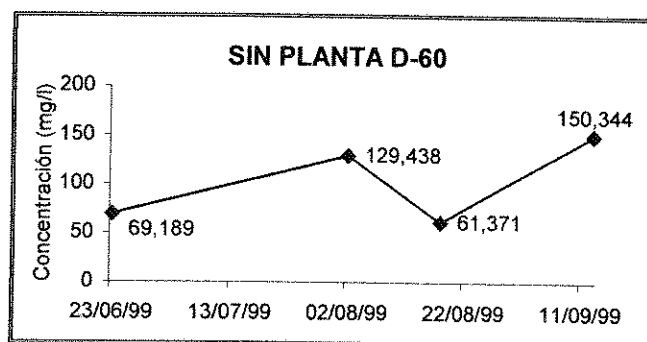


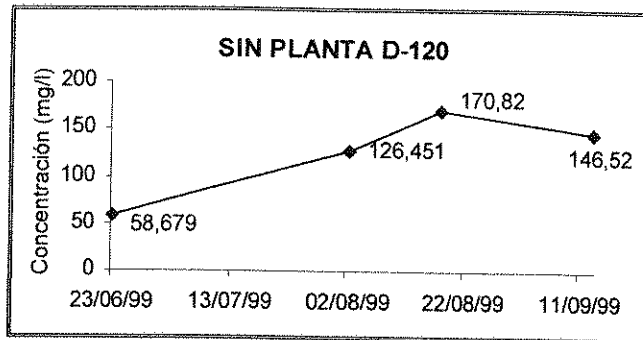
FIGURA 52. Evolución de la concentración de fosfatos en el agua lixiviada en los contenedores sin planta y Dosis60.



En el tratamiento sin planta con Dosis 60 el valor más alto se produjo en el último muestreo con 150,344 mg/l de fosfatos, y la concentración más baja en el tercer muestreo con 61,371 mg/l.

En el tratamiento sin planta y Dosis 120 la concentración mas alta fue en el tercer muestreo (170,82 mg/l), y la más baja en el primer muestreo con 58,679 mg/l.

FIGURA 53. Evolución de la concentración de fosfatos en el agua lixiviada en los contenedores sin planta y Dosis 120.



Resumen. El fósforo es retenido por el suelo con mucha facilidad, con lo cual se puede constituir una reserva importante en el suelo, desde donde las plantas lo toman conforme a sus necesidades, sin riesgo de que se pierda arrastrado por el agua de percolación.

3.10 ANÁLISIS DE SUELO.

3.10.1 Ensayo de contenedores

En el Cuadro 60 se recogen los resultados de las determinaciones de elementos existentes en el suelo antes de la siembra de maíz.

El valor superior de **materia orgánica** corresponde al tratamiento sin planta y con Dosis 60 de purín, sin que existan diferencias significativas con los otros tratamientos sin planta y con las Dosis 120 y 60+turba. El valor mínimo de materia orgánica pertenece a la Dosis 30.

El **nitrógeno total** existente en el suelo presenta un valor superior de 0,151% en el tratamiento sin planta y con Dosis 120, y un valor inferior de 0,117% en las Dosis 30 y 60.

CUADRO 60. *Análisis estadístico de los resultados del análisis de suelo realizado en los contenedores antes de la fertilización.*

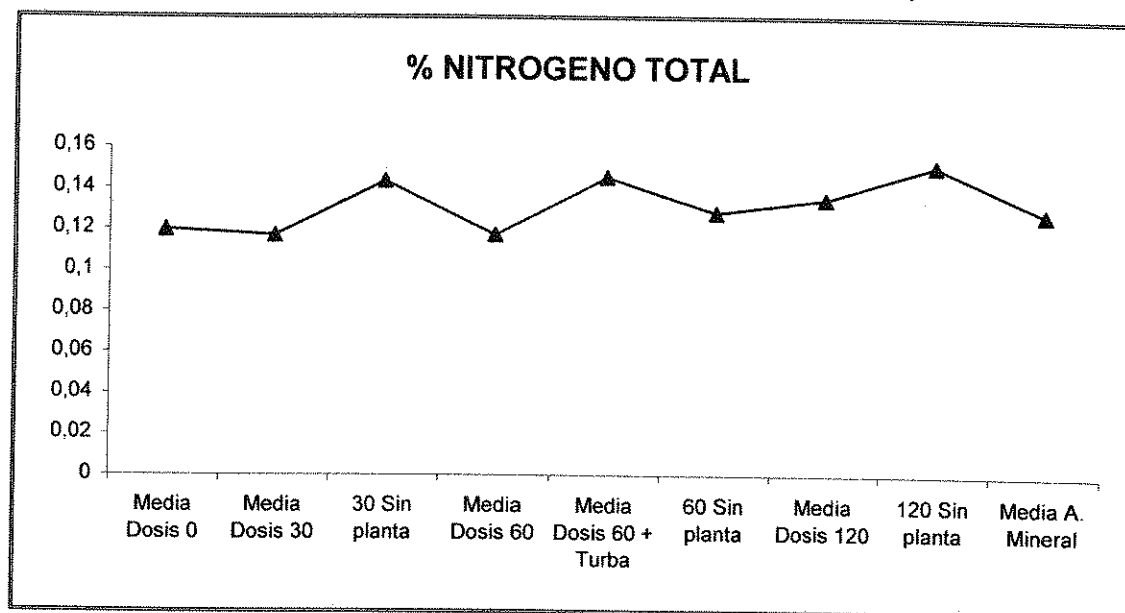
TRATAM.	M. ORG (%)	N. TOTAL (%)	C/N	NITRATOS				
Dosis 30	1,777	c	0,117	c	8,820	c d	15,643	a
Dosis 0	1,787	c	0,119	c	8,707	c d	12,780	a b
A. Mineral	1,947	b c	0,128	b c	8,847	c d	16,623	a
Dosis 60	1,910	c	0,117	c	9,400	b c d	8,863	a b
Dosis 120	2,253	a	0,135	a b c	9,663	b c	9,103	a b
60 +turba	2,473	a	0,145	a b	10,003	b	15,470	a
Sin pl. D-30	2,350	a	0,143	a b	9,510	b c d	9,200	a b
Sin pl. D-60	2,490	a	0,128	b c	11,310	a	6,370	b
Sin pl. D-120	2,220	a b	0,151	a	8,540	d	6,640	b
media	2,024		0,127		9,240		13,081	
desv. típ.	0,313		0,016		0,772		5,601	
rango	0,713		0,034		2,770		9,273	
mínimo	1,777		0,117		8,540		6,370	
máximo	2,490		0,151		11,310		15,643	
cv (%)	15,5		12,6		8,4		42,8	

Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($p > 0,05$).

La **relación carbono/nitrógeno**, alcanza el valor superior en el tratamiento sin planta y Dosis 60, con diferencia significativa con el resto de tratamientos. El valor más bajo se da en el tratamiento sin planta y con Dosis 120.

El valor superior de **concentración de nitratos** en el suelo es de 16,62 mg/l, y se presenta en los macetones que recibirán el abonado mineral. El valor inferior corresponde a los macetones sin planta y con dosis de purín 60 (6,37 mg/l).

FIGURA 54. Concentración de nitrógeno existente en el suelo antes de la fertilización.



La concentración de **fósforo Olsen**, presenta el valor superior en el tratamiento sin planta y Dosis 120, sin que haya diferencias significativas con la Dosis 120 con planta. El valor más bajo corresponde al abonado mineral, sin diferencias significativas con la Dosis 0 y la Dosis 30.

La cantidad de **potasio** presenta el valor máximo en la Dosis 120 sin planta, sin diferencias significativas con el resto de tratamientos a excepción de la Dosis 30 sin planta y de la Dosis 60. El valor mínimo corresponde a la dosis 60.

El valor superior de concentración de **magnesio** corresponde a la Dosis 30, y el valor inferior a la Dosis 30 pero sin planta.

CUADRO 61. Análisis estadístico de los resultados del análisis de suelo realizado en los contenedores antes de la fertilización.

TRATAM.	P		K		Mg	
Dosis 30	10,443	d e	160,667	a b	2,193	a
Dosis 0	7,657	e	152,000	a b	2,137	a
A. Mineral	7,177	e	151,333	a b	2,107	a
Dosis 60	13,003	c d	112,000	c	1,760	b
Dosis 120	26,757	a	160,667	a b	1,983	a b
60 +turba	18,270	b	159,333	a b	1,933	a b
Sin pl. D-30	13,630	b c	126,000	b c	1,750	b
Sin pl. D-60	17,630	b c	186,000	a	1,980	a b
Sin pl. D-120	27,310	a	188,000	a	1,930	a b
media	13,884		149,333		2,019	
desv. típ.	7,550		27,560		0,225	
rango	20,133		76,000		0,443	
mínimo	7,177		112,000		1,750	
máximo	27,310		188,000		2,193	
cv (%)	54,4		18,5		11,2	

Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($p>0,05$).

Estos son los elementos existentes en el suelo antes de realizar los distintos tratamientos de fertilización en cada macetón.

CUADRO 62. Resultados del análisis de suelo realizado en los contenedores después de la recolección.

TRATAM.	M. ORG (%)		NITRATOS ppm.	
	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm
Dosis 30	1,59	1,66	28,78	24,03
Dosis 0	1,53	1,91	3,63	4,84
A. Mineral	1,51	2,19	2,50	7,90
Dosis 60	1,44	1,86	6,97	6,37
Dosis 120	1,65	1,72	12,22	10,00
60 + turba	3,52	2,79	14,37	16,36
Sin pl. D-30	1,80	2,00	57,73	48,30
Sin pl. D-60	2,19	1,79	29,07	20,25
Sin pl. D-120	2,52	1,80	19,03	17,35

El valor más alto de **materia orgánica** después de la recolección, corresponde a la Dosis 60 + turba para las dos profundidades.

En el caso de los **nitratos**, la concentración más alta se produjo en el contenedor con D-30 y sin planta. Como es lógico, los valores más altos de nitratos en el suelo se produce en los contenedores que no tenían planta.

CUADRO 63. . Resultados del análisis de suelo realizado en los contenedores después de la recolección.

TRATAM.	FOSFORO ppm		POTASIO ppm.		MAGNESIO	
	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm
Dosis 30	9,87	5,44	144,00	158,00	1,67	1,68
Dosis 0	5,53	7,24	148,00	178,00	2,01	2,28
A. Mineral	4,61	5,66	150,00	172,00	2,10	2,04
Dosis 60	15,60	10,27	100,00	148,00	1,70	1,80
Dosis 120	39,74	27,18	118,00	146,00	1,58	1,60
60 + turba	88,16	49,79	218,00	162,00	2,30	2,18
Sin pl. D-30	13,33	15,20	96,00	142,00	1,48	1,72
Sin pl. D-60	31,79	21,67	162,00	146,00	1,78	1,73
Sin pl. D-120	57,84	45,61	230,00	198,00	1,65	1,92

3.10.2 Ensayo de campo

En el ensayo de campo sólo se recogieron muestras después de la recolección, en los cuadros 64 y 65 se expresan los resultados obtenidos.

CUADRO 64. Resultados del análisis de suelo realizado en el ensayo de campo después de la fertilización.

TRATAM.	M. ORG. (%)		NITRATOS ppm	
	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm
A. Mineral	1,71	1,65	28,39	81,58
Dosis 30	1,78	1,64	10,73	6,45
Dosis 60	1,68	1,58	7,15	5,22
Dosis 120	1,87	1,78	3,69	7,53

El porcentaje de materia orgánica en el suelo es algo mayor al existen en el subsuelo. Para el caso de los nitratos no hay una norma fija en los resultados que hemos obtenido, ya que en unos casos es mayor la concentración de nitratos en el subsuelo (0-25 cm) y en otros en el suelo (25-50 cm).

El análisis del suelo y subsuelo después de levantar la cosecha, demuestra que la concentración de nitratos en el abonado mineral es mayor que en los abonados con purín.

CUADRO 65. Resultados del análisis de suelo realizado en el ensayo de campo después de la fertilización.

TRATAM.	FÓSFORO		POTASIO		MAGNESIO	
	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm
A. Mineral	15,2	12,8	158	150	1,37	1,65
Dosis 30	17,6	15,73	158	156	1,8	1,75
Dosis 60	16,27	13,48	150	132	1,82	1,68
Dosis 120	27,82	21,18	242	186	2,03	1,95

4. CONCLUSIONES

4.1 ENSAYO DE CONTENEDORES

Análisis de lixiviado:

1. El análisis de los lixiviados obtenidos a unos 30 días de la siembra demuestra que hay una percolación importante de nitratos durante este tiempo.
2. A partir de los 30 días de cultivo no hay prácticamente percolación de nitratos.
3. Las muestras de lixiviado en el primer mes después del abonado, la concentración de nitratos sigue el siguiente rango:

$$D-60 \cong D-120 > D-30 > \text{Abonado mineral} > D-60 + \text{materia orgánica}$$

4. La mezcla de purín con materia orgánica, turba, es aconsejable, ya que:
 - Disminuye la cantidad de nitratos en los lixiviados.
 - Incrementa la cantidad de nitratos, sulfatos y fosfatos en el suelo.
5. La lixiviación de fosfatos continuó a lo largo de todo el ensayo.
6. Los sulfatos se lixiviaron casi en su totalidad en el primer mes del ensayo.

4.2 ENSAYO DE CAMPO

A. Sobre el cultivo:

1. El rendimiento obtenido con una dosis de $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de Estiércol Fluido porcino, ha sido muy similar, al obtenido con el abonado mineral tradicional, no existen diferencias significativas.
2. La dosis $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de purín redujo la producción en un 30% respecto a la dosis 60.
3. El análisis mineral de las hojas demuestra que el contenido en nitrógeno de la dosis 30, es menor y difiere significativamente del resto de tratamientos.
4. La dosis de $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de purín no cubre las necesidades nutricionales del maíz. Este estrés nutricional se observa en la coloración de las hojas que presentaban una tonalidad verde pálido. Los datos sobre clorofila confirman este diagnóstico visual.
5. La dosis de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de E.F.P. también disminuyó el rendimiento en un 20%.
6. La dosis de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de E.F.P. influyó de forma significativa en la nascencia del maíz.
7. La dosis de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de purín influye de forma significativa en la altura de la planta. El tratamiento con dosis 60 es el que produce las plantas más altas y con una inserción de la mazorca más elevada.
8. El abonado mineral induce mayor superficie foliar.

B. Sobre el suelo:

1. El análisis del suelo (0-25 cm) y subsuelo (25-50 cm) después de levantar la cosecha, demuestra que la concentración de nitratos en el abonado mineral es mayor, significativamente, respecto a los suelos de los ensayos abonados con purín.
2. No hay diferencias significativas entre las diferentes dosis de E.F.P. empleadas, en la concentración de nitrato, en el suelo después de levantar la cosecha.
3. El abonado con purín a distintas dosis no incrementa el contenido de materia orgánica.

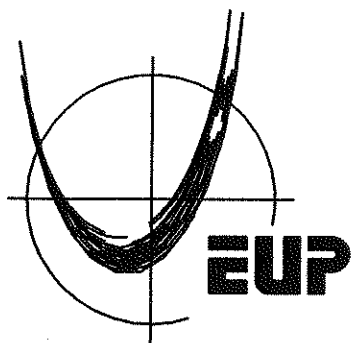
5. BIBLIOGRAFÍA

- A.G.P.M.E. 1995.** El maíz. Reseña de actividades de la Asociación general de Productores de Maíz de España. AGPME Info 3: pp 3-18.
- AGROCAJAS, 1998.** Se confirma la recuperación de la superficie de maíz. Nº 153. Boletín al servicio de la agricultura, ganadería y pesca de España en el marco de la UE. Pp:5
- ALBORADA, 2000.** La industria aragonesa también rechaza el maíz transgénico. Nº 37. Asociación Regional de Agricultura y Ganadería de Aragón ARAGA-ASAJA. Zaragoza. Pp:9
- ALMAJANO,1998.** Estudio del efecto de la fertilización con E.F.P. en maíz. Liberación de nitrógeno y posibles pérdidas por lavado. Universidad Politécnica de Huesca. Trabajo Final de Carrera.
- ANUARIO ESTADÍSTICO AGRARIO, 1996.** Diputación General de Aragón.
- ANUARIO ESTADÍSTICO AGRARIO, 1998.** Diputación General de Aragón.
- ANUARIO PRODUCCIÓN DE FAO, 2000.** Estimaciones de los profesores Norman F. Bourlang y Chisthopher Dowswell. Periódico Agricultura.
- ARNON, D.I. and P.R. STOOT. 1939.** A manual colorimetric procedure for mesuring ammonium nitrogen in soil plant kjeldahl digests. Communications soil science and plant analysis 3.
- BARCELÓ, J; POSCHEMIEDER, C. 1992.** Respuesta de las plantas a la contaminación por metales pesados. IV Symposium Nacional sobre Nutrición Mineral de las Plantas. S.E.F.V., J:46-61.
- BARTLETT,R.J; JAMES,B. 1988.** Mobility and bioavailability of Chromium in soils. Ed. John Wiley & Sons (New York, USA).
- BERCERO BERCERO, A. 1998.** Respuesta del rendimiento en grano del maíz a la cantidad de agua en distintos periodos vegetativos. Informaciones técnicas, nº 46. Departamento de Agricultura y Medio Ambiente. D.G.A.

- BROWN, P.H; WELCH, R.R; CARY, E.E. 1987.** Nickel a micronutrient esencial for higher plants. *Plant Physiol.*, 25 (3): 801-803.
- DANÉS, R. 1995.** Manual de gestió de purins i de la seva reutilizació agrícola. Biblioteca de Catalunya.
- DOMINGUEZ VIVANCOS, A. 1989.** Tratado de Fertilización. Ed. Mundi Prensa. Madrid.
- DRAYCOTT, A.P. 1972.** Sugar beet Nutricion. Applied Science Publishers., London. R.U.
- EDIPORC, 1998.** Dossier sobre purines. Revista, Madrid
- F.A.O. 1997.** Anuario Producción Agraria. Vol. 51 F.A.O., Roma, Italia.
- FERNANDEZ DE GOROSTIZA YSBERT, M. Y CIA. 1990.** Vademecum del Maíz. Edita Carlos De Liñan Vicente. Madrid.
- FLOTATS, X; PORTA, J; ANTUNEZ, M. Y BOIXADERA, j. 1995.** Metodología para el manejo integral de purines de cerdo. Proma .Feria del medio Ambiente, Bilbao.
- HEDUIT, M. 1985.** Fertilisastion organique. Nos connaissances a ce jour. Revista Techni- Porc Jul- Agost.
- HEREDERO GAYÓN, M.P. 2000.** Estudio de la absorción y transporte de boro en "*Beta Vulgaris*" mediante electroforesis capilar. Su interacción con otros iones. Departamento de Nutrición Vegetal. Estación Experimental de Aula Dei. Tesis de Licenciatura.
- JONES, J.B. 1994.** Plan Nutricion Manual. Micro-Macro Publishing Inc., Athens (GA) U.S.A.
- JONES, L; JARVIS, S. 1981.** The Chemistry of Soil Processes. Chapter 11: The fate of heavy metels. Ed. D.J. Greenland and M.H.B. Hayes. John Wiley & Sons.
- LA VOLA, Compañía de servicios ambientales. 1998.** La problemática del excedente de purines. Revista Ediporc.
- LEMA DIAZ. 1998.** Fertilización (Estiércoles y purines). Revista Producción Animal, nº 136.

- LLANOS COMPANY, M. 1984.** El maíz, su cultivo y aprovechamiento. Ed. Mundi Prensa. Madrid.
- LOBERA LOSSEL, JB. 1996.** Tratamiento integral de purines. Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Agua de la Región de Murcia.
- LOPEZ BELLIDO, 1991.** Cultivos herbáceos: Volumen I Cereales. Ed. Mundi Prensa. Madrid
- MAPA 1999.** Anuario de Estadística Agraria. Ed. Secretaria General Técnica. Madrid.
- MAPA-DGA 1998.** Anuario de Estadística Agraria. Ed. Secretaria General Técnica. Madrid.
- MONGE, E. 2000.** Chequeo ecológico al sector porcino. Heraldo de Aragón. Zaragoza.
- MONGE, E. 2000.** Comunicación personal.
- MORELL I PRATS.1996.** Ensayo de fertilización con purines del olivar de la variedad arbequina en secano. Revista Fertilización. Riego y suelos. Nutri-fitos.
- NAVAS CUELLO, Y. 1999.** Búsqueda de nuevos patrones heteróticos en maíz (*Zea mays, L.*): Evaluación de ciclos de selección recurrente recíproca entre dos poblaciones sintéticas de amplia base genética. Trabajo final de carrera EUPH. Mayo 1999, Huesca.
- ORÚS PUEYO, F. 1993.** El Estiércol Fluido Porcino (I y II). Informaciones técnicas del Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes. D.G.A. Zaragoza.
- ORÚS PUEYO, F.; QUILEZ SAEZ DE VITERI, D. 1997.** La contaminación de las aguas por el nitrato de origen agrario. Revista Surcos, nº 54. Departamento de Agricultura y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón. Pp:32-34.
- PRATT, 1994.** Manual de gestió dels purins de la seva reutilizació agrícola.
- PULSO AGRARIO, 2000.** Plan para ordenar el porcino. Revista Pulso Agrario, nº 29. Pp: 12.
- URBANO, P. 1995.** Tratado de fitotecnia general. Ed. Mundi Prensa.
- USDA. 1991.** Nitrato Leaching and Economic Analyss Package (NLEAP).

VEGA, M. y DE LAS FUENTES, L. 1996. Metodología para el manejo integral de purines de cerdo. *Revista Porci* 31: pp 19-25.



ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA
INDUSTRIAL - AGRÍCOLA - INFORMÁTICA
Adscrita a la Universidad de Zaragoza

LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA (Zaragoza)

PROYECTO:

**UTILIZACIÓN DEL E.F.P.
COMO FERTILIZANTE DEL
MAÍZ**

Nº: H.202.18

ANEJOS

Realizado por:

ANA REMÓN DEITO

SEPTIEMBRE 2000

ANEXO 1. CONTENEDORES

ANEXO 1.1 Caracteres de plántula.

ALtura DE PLANTAS (cm)

Lisimetro	Dosis	Rep.	25/06/99	02/07/99	09/07/99	16/07/99	23/07/99	02/08/99	06/08/99
1.4	0	1	66,00	226,75	130,63	155,00	173,50	201,88	209,25
1.5	0	2	54,00	77,50	105,63	120,88	133,88	153,75	163,00
1.6	0	3	49,50	82,13	110,50	133,50	153,75	184,00	199,38
	Media Dosis 0		56,50	128,79	115,58	136,46	153,71	179,88	190,54
1.1	30	1	80,88	118,25	161,25	196,00	228,50	242,75	243,63
1.2	30	2	101,00	140,63	186,88	219,63	253,50	258,50	258,50
1.3	30	3	89,25	127,75	172,88	210,00	244,38	248,38	248,38
	Media Dosis 30		90,38	128,88	173,67	208,54	242,13	249,88	250,17
2.1	60	1	102,13	146,38	189,25	221,00	246,25	254,63	254,63
2.2	60	2	86,38	125,50	166,25	197,75	222,25	237,75	238,13
2.3	60	3	114,13	153,25	192,88	223,75	251,13	255,63	255,63
	Media Dosis 60		100,88	141,71	182,79	214,17	239,88	249,33	249,46
2.4	120	1	94,38	147,38	194,75	232,50	259,63	264,25	264,25
2.5	120	2	72,50	113,63	172,88	207,75	228,38	236,88	237,50
2.6	120	3	98,25	143,13	188,00	223,75	244,13	249,50	249,50
	Media Dosis 120		88,38	134,71	185,21	221,33	244,04	250,21	250,42
2.10	60+Turba	1	93,13	136,00	173,13	203,13	236,50	245,88	245,88
2.11	60+Turba	2	88,25	134,75	180,13	210,50	237,50	244,75	243,25
2.12	60+Turba	3	83,13	125,75	169,88	201,38	217,13	244,88	246,13
	Media Dosis 60+Turba		88,17	132,17	174,38	205,00	230,38	245,17	245,08
1.7	A. Mineral	1	45,00	62,88	83,50	98,25	107,50	117,38	121,63
1.8	A. Mineral	2	57,50	86,88	128,88	167,63	203,25	228,13	251,00
1.9	A. Mineral	3	54,63	86,00	118,50	154,25	191,88	238,75	243,63
	Media A. Mineral		52,38	78,58	110,29	140,04	167,54	194,75	205,42

Lisímetro	Dosis	Rep.	NÚMERO DE HOJAS							
			25/06/99	02/07/99	09/07/99	16/07/99	23/07/99	02/08/99	06/08/99	
1.4	0	1	8	10	12	13	14	16	16	16
1.5	0	2	7	9	12	13	13	14	14	15
1.6	0	3	8	9	12	13	14	16	16	16
	Media Dosis 0		7,71	9,08	11,75	12,96	13,38	15,13		15,88
1.1	30	1	9	11	13	14	15	16	16	15
1.2	30	2	10	12	13	32	16	17	17	17
1.3	30	3	10	12	14	15	16	16	16	16
	Media Dosis 30		9,33	11,50	13,50	20,33	15,58	15,92		15,88
2.1	60	1	10	13	14	15	17	16	16	16
2.2	60	2	9	12	13	14	15	16	16	16
2.3	60	3	10	13	14	15	17	17	17	17
	Media Dosis 60		9,75	12,54	13,83	14,67	16,04	16,17		16,13
2.4	120	1	10	13	14	15	17	16	16	16
2.5	120	2	9	12	14	14	15	16	16	16
2.6	120	3	10	13	14	15	16	16	16	16
	Media Dosis 120		9,58	12,33	13,88	14,71	15,79	16,04		16,04
2.10	60+Turba	1	9	12	13	14	16	16	16	16
2.11	60+Turba	2	10	13	13	14	15	16	16	16
2.12	60+Turba	3	9	12	13	14	15	16	16	16
	Media Dosis 60+Turba		9,25	11,96	13,00	13,96	15,38	15,92		15,83
1.7	A. Mineral	1	7	9	11	11	12	13	14	14
1.8	A. Mineral	2	8	10	13	14	15	17	17	17
1.9	A. Mineral	3	8	10	12	14	14	17	17	17
	Media A. Mineral		7,58	9,54	11,83	13,00	13,50	15,50		15,79

CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA (u.gr/cm²)

Lisimetro	Dosis	Rep.	02/07/99	09/07/99	16/07/99	23/07/99	02/08/99	10/08/99
1.4	0	1	48,6	48,8	45,1	38,2	17,7	26,1
1.5	0	2	45,2	43,4	37,7	26,8	24,6	23
1.6	0	3	46	46,8	44,2	39,9	18,9	27
	Media Dosis 0		46,60	46,33	42,33	34,97	20,40	25,37
1.1	30	1	54,4	47,5	58,5	48,8	59,7	59,9
1.2	30	2	56,6	57,4	57,3	49	57,1	57,6
1.3	30	3	52,8	62,5	58,1	59,8	58,9	57,3
	Media Dosis 30		54,60	55,80	57,97	52,53	58,57	58,27
2.1	60	1	58,5	59,2	57,8	57,5	53,3	49,5
2.2	60	2	57,7	54	53,9	53	52,6	50,8
2.3	60	3	50,7	52,2	46	46,7	39	34,2
	Media Dosis 60		55,63	55,13	52,57	52,40	48,30	44,83
2.4	120	1	53,7	59,5	56,9	59,2	58,1	60,9
2.5	120	2	56,5	62,8	64,4	60,8	58,8	62,6
2.6	120	3	60,5	59	59,9	58	53,7	55,3
	Media Dosis 120		56,90	60,43	60,40	59,33	56,87	59,60
2.10	60+Turba	1	52,1	57,1	55,6	54,3	52,6	50,2
2.11	60+Turba	2	58,5	57,2	56,5	56,8	50,9	48,9
2.12	60+Turba	3	58,3	60,2	61,7	58,1	56,4	52,5
	Media Dosis 60+Turba		56,30	58,17	57,93	56,40	53,30	50,53
1.7	A. Mineral	1	42,5	42,1	34,6	16,4	18,6	21,8
1.8	A. Mineral	2	52,7	60	60,4	58,1	55,9	57,3
1.9	A. Mineral	3	46,2	56,2	54,4	55,9	50,1	43,7
	Media A. Mineral		47,13	52,77	49,80	43,47	41,53	40,93

ANEXO 1.2 Caracteres de planta.

CARACTERES DE PLANTA

Lisimetro	Dosis	Repetición	Altura planta	Altura inserción	Nº hojas total	Nº hoja inserción	Long. Inferior	Anchura inferior	Long. Hoja inserción	Anchura hoja ins.	Long. Superior	Anchura superficie
1.4	0	1	209,25	79,25	16,13	9,00	88,54	9,74	83,96	9,69	78,86	9,51
1.5	0	2	163,00	57,67	15,13	10,00	67,77	7,17	61,10	6,83	55,10	6,67
1.6	0	3	199,38	71,88	16,38	9,25	85,38	8,88	81,38	9,39	77,31	9,16
	Media Dosis 0		190,54	69,60	15,88	9,42	80,56	8,59	75,48	8,64	70,43	8,49
1.1	30	1	243,63	100,38	15,38	8,63	101,29	10,58	99,03	10,80	94,86	10,76
1.2	30	2	258,50	112,38	16,63	9,00	102,01	10,83	100,55	11,14	96,99	10,94
1.3	30	3	248,38	104,50	15,63	9,38	100,00	10,28	97,44	10,59	94,93	10,80
	Media Dosis 30		250,17	105,75	15,88	9,00	101,10	10,56	99,00	10,84	95,59	10,85
2.1	60	1	254,63	109,00	16,38	8,63	100,18	10,85	97,53	10,99	95,08	11,13
2.2	60	2	238,13	98,75	15,50	8,63	95,66	10,26	92,98	10,63	88,75	10,34
2.3	60	3	255,63	107,00	16,50	9,13	100,11	10,50	97,05	10,95	93,65	11,00
	Media Dosis 60		249,46	104,92	16,13	8,79	98,65	10,54	95,85	10,85	92,49	10,82
2.4	120	1	264,25	109,63	15,88	8,25	98,93	10,38	100,28	10,68	92,84	10,80
2.5	120	2	237,50	101,38	16,13	9,13	96,11	10,03	95,88	10,51	91,85	10,41
2.6	120	3	249,50	103,88	16,13	8,88	98,30	10,35	95,60	10,97	93,11	10,59
	Media dosis 120		250,42	104,96	16,04	8,75	97,78	10,25	97,25	10,72	92,60	10,70
2.10	60+turba	1	245,88	100,13	16,25	8,75	98,00	9,01	95,84	10,90	92,01	10,56
2.11	60+turba	2	243,25	102,13	15,63	8,25	92,93	10,21	92,58	10,10	87,84	10,35
2.12	60+turba	3	246,13	96,88	15,63	8,38	91,46	9,98	87,95	9,54	88,25	9,62
	Media Dosis 60+turba		245,08	99,71	15,83	8,46	94,13	9,74	92,12	10,18	89,37	10,18
1.7	A. Mineral	1	121,63	53,50	14,38	9,50	65,38	7,68	60,08	7,03	52,05	6,63
1.8	A. Mineral	2	251,00	92,75	16,50	9,38	95,36	10,34	96,73	10,56	93,08	10,56
1.9	A. Mineral	3	243,63	93,88	16,50	8,63	93,99	10,06	92,85	10,33	90,05	10,14
	Media Dosis A. Mineral		205,42	80,04	15,79	9,17	84,91	9,36	83,22	9,30	78,39	9,11

ANEXO 1.3 Caracteres de mazorca y grano.

CARACTERES DE MAZORCA Y GRANO

Lisimetro	Dosis	Repetición	Longitud	D. Max	D. Med	D. Inf	N° filas	Gran/fila	Pes. maz	Pes. total	Pes. Grano	Pes. 100s
1.4	0	1	13,188	40,500	40,125	32,875	15,500	23,125	104,500	836,000	663,000	26,000
1.5	0	2	9,500	30,333	28,667	24,000	14,000	17,667	41,000	123,000	95,000	29,000
1.6	0	3	20,048	48,846	47,596	42,196	17,717	40,517	238,867	643,000	490,000	27,000
	Media Dosis 0		14,245	39,893	38,796	33,024	15,739	27,103	128,122	534,000	416,000	27,333
1.1	30	1	20,938	47,375	45,000	39,500	19,000	42,875	239,500	1916,000	1669,000	26,000
1.2	30	2	22,563	51,250	50,000	44,750	18,500	48,625	330,375	2643,000	2337,000	30,000
1.3	30	3	21,500	50,875	49,500	44,375	17,750	45,625	286,125	2291,000	2006,000	30,000
	Media Dosis 30		21,667	49,833	48,167	42,875	18,417	45,708	285,333	2283,333	2004,000	28,667
2.1	60	1	19,688	48,875	47,375	42,750	18,000	41,625	236,500	1894,000	1657,000	27,000
2.2	60	2	17,563	46,500	45,625	38,125	16,750	34,125	189,875	1520,000	1306,000	28,000
2.3	60	3	19,313	49,250	48,000	43,375	17,500	41,125	222,875	1788,000	1551,000	29,000
	Media Dosis 60		18,854	48,208	47,000	41,417	17,417	38,958	216,417	1734,000	1504,667	28,000
2.4	120	1	21,563	52,250	51,125	46,750	18,500	44,375	298,250	2387,000	2105,000	31,000
2.5	120	2	19,813	47,375	46,000	41,500	18,000	41,125	232,750	1858,000	1628,000	27,000
2.6	120	3	22,188	51,125	48,625	43,125	18,250	45,250	284,625	2277,000	1968,000	31,000
	Media dosis 120		21,188	50,250	48,583	43,792	18,250	43,583	271,875	2174,000	1900,333	29,667
2.10	60+turba	1	20,125	49,125	47,750	42,750	17,500	41,500	242,375	1940,000	1698,000	27,000
2.11	60+turba	2	20,000	47,875	48,250	41,875	18,250	38,375	225,750	1806,000	1565,000	29,000
2.12	60+turba	3	19,875	46,500	45,000	39,250	16,750	36,750	203,875	1920,000	1617,000	30,000
	Media Dosis 60+turba		20,000	47,833	47,000	41,292	17,500	38,875	224,000	1888,667	1626,667	28,667
1.7	A. Mineral	1	8,667	22,667	26,333	23,333	9,333	15,000	23,667	71,000	56,000	33,000
1.8	A. Mineral	2	20,625	49,625	48,500	43,875	18,750	41,000	253,875	2029,000	1721,000	30,000
1.9	A. Mineral	3	15,188	39,875	38,250	33,375	15,250	32,000	98,750	789,000	681,000	19,000
	Media Dosis A. Mineral		14,826	37,389	37,694	33,528	14,444	29,333	125,431	963,000	819,333	27,333

ANEXO 1.4 Caracteres de rendimiento.

CARACTERES DE RENDIMIENTO

Lisimetro	Dosis	Repetición	N° plantas	N° mazorcas	Humedad	PHL	PESO COSECHA (Gr)		
							Parcela	Zuro	Grano
1.4	0	1	8	8	23,4	67,8	836	173	663
1.5	0	2	8	3	26,9	18,1	123	28	95
1.6	0	3	8	8	23,7	66,8	643	153	490
	Media Dosis 0		8,0	6,3	24,7	50,9	534,0	118,0	416,0
1.1	30	1	8	8	15,6	72,2	1.916	247	1.669
1.2	30	2	8	8	17,8	73,2	2.643	306	2.337
1.3	30	3	8	8	17,2	73,9	2.291	285	2.006
	Media Dosis 30		8,0	8,0	16,9	73,1	2283,3	279,3	2004,0
2.1	60	1	8	8	18,4	73,6	1.894	237	1.657
2.2	60	2	8	8	19,2	70,8	1.520	214	1.306
2.3	60	3	8	8	17,8	72	1.788	237	1.551
	Media Dosis 60		8,0	8,0	18,5	72,1	1734,0	229,3	1504,7
2.4	120	1	8	8	17,8	73,7	2.387	282	2.105
2.5	120	2	8	8	16,9	74,1	1.858	230	1.628
2.6	120	3	8	8	18,2	74,3	2.277	309	1.968
	Media dosis 120		8,0	8,0	17,6	74,0	2174,0	273,7	1900,3
2.10	60+turba	1	8	8	18,2	72	1.940	242	1.698
2.11	60+turba	2	8	8	17,1	72,8	1.806	241	1.565
2.12	60+turba	3	8	9	17,9	74,2	1.920	303	1.617
	Media Dosis 60+turba		8,0	8,3	17,7	73,0	1888,7	262,0	1626,7
1.7	A. Mineral	1	8	3	51,7	13,3	71	15	56
1.8	A. Mineral	2	8	8	20,3	70,3	2.029	308	1.721
1.9	A. Mineral	3	8	8	17	70	789	108	681
	Media Dosis A. Mineral		8,0	6,3	29,7	51,2	963,0	143,7	819,3

ANEXO 1.5 Caracteres de biomasa.

Lisimetro	Dosis	Repetición	PESO FRESCO DE LAS PLANTAS			PESO SECO DE LAS PLANTAS		
			Total	Tallo+Hojas	Mazorcas	Tallo+Hojas	Mazorcas	Grano
1.4	0	1	3810	2930	880	961,6	661	555
1.5	0	2	2010	1860	150	676,75	103	83
1.6	0	3	3340	2670	670	884,7	497	400
	Media Dosis 0		3053,3	2486,7	566,7	841,0	420,3	346,0
1.1	30	1	3570	1610	1960	1258,6	1758	1533
1.2	30	2	3970	1290	2680	1578,83	2360	2100
1.3	30	3	3950	1480	2470	1383,04	2057	1813
	Media Dosis 30		3830,0	1460,0	2370,0	1406,8	2058,3	1815,3
2.1	60	1	4020	2110	1910	1449,1	1691	1485
2.2	60	2	4730	3180	1550	1394,88	1327	1155
2.3	60	3	5120	3300	1820	1520,44	1602	1397
	Media Dosis 60		4623,3	2863,3	1760,0	1454,8	1540,0	1345,7
2.4	120	1	5620	3210	2410	1594,44	2129	1889
2.5	120	2	3050	1170	1880	1195,86	1685	1476
2.6	120	3	5430	3130	2300	1669,78	2015	1756
	Media dosis 120		4700,0	2503,3	2196,7	1486,7	1943,0	1707,0
2.10	60+turba	1	4030	2060	1970	1323,78	1717	1509
2.11	60+turba	2	4310	2480	1830	1388,18	1615	1411
2.12	60+turba	3	4200	2260	1940	1490,03	1694	1439
	Media Dosis 60+turba		4180,0	2266,7	1913,3	1400,7	1675,3	1453,0
1.7	A. Mineral	1	1640	1560	80	529,89	49	38
1.8	A. Mineral	2	4870	2800	2070	1454,54	1727	1492
1.9	A. Mineral	3	2220	1390	830	1071,3	706	608
	Media Dosis A. Mineral		2910,0	1916,7	993,3	1018,6	827,3	712,7

ANEXO 1.6 Control de lixiviados.

Cantidad de lixiviado (l)				
Lisimetro	Dosis	Repetición	02-ago	18-ago
1.4	0	1	14	2
1.5	0	2	21	0
1.6	0	3	20	4
	Media Dosis 0		18,3	2,0
1.1	30	1	1,5	7,2
1.2	30	2	0	0,5
1.3	30	3	3,5	4
	Media Dosis 30		1,7	3,9
2.1	60	1	0	0
2.2	60	2	8	24
2.3	60	3	0	12
	Media Dosis 60		2,7	12,0
2.4	120	1	0	19
2.5	120	2	0,8	0
2.6	120	3	0	4,5
	Media dosis 120		0,3	7,8
2.10	60+turba	1	0	0
2.11	60+turba	2	0	0
2.12	60+turba	3	0	0
	Media Dosis 60+turba		0,0	0,0
1.7	A. Mineral	1	16	0
1.8	A. Mineral	2	0	9
1.9	A. Mineral	3	0	0
	Media Dosis A. Mineral		5,3	3,0
2.7	Sin D-30	1	3,7	8,5
2.8	Sin D-60	1	23,0	68,0
2.9	Sin D-120	1	30,0	20,0

ANEXO 1.7 Análisis de hojas.

ANÁLISIS DE HOJAS

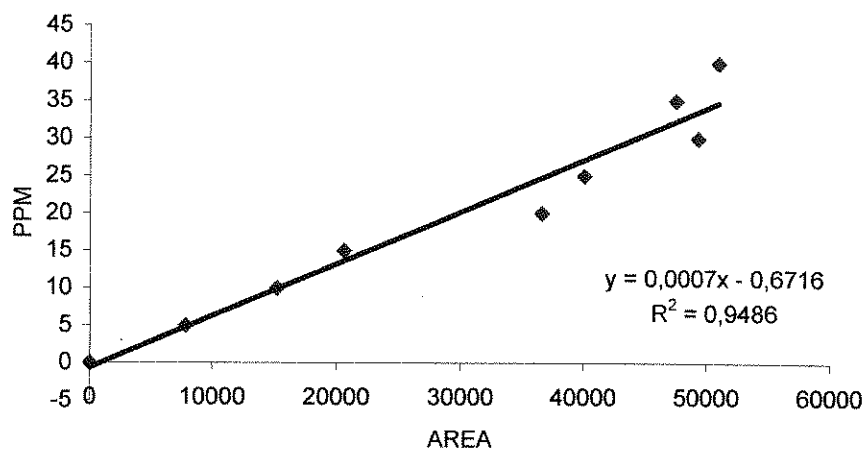
Lisimetro	Dosis	Repetición	% P.	% Ca.	% Mg	% K.	% N	Fe.ppm.	Mn.ppm.	Cu.ppm.	Zn.ppm.
1.4	0	1	0,060	0,958	0,328	0,578	0,420	153,214	109,628	4,011	30,458
1.5	0	2	0,221	0,869	0,415	0,590	0,670	200,020	143,871	5,263	70,688
1.6	0	3	0,063	0,832	0,321	0,630	0,420	171,005	156,856	4,447	27,519
	Media Dosis 0		0,115	0,886	0,355	0,599	0,503	174,746	136,785	4,574	42,888
1.1	30	1	0,093	0,966	0,304	0,502	1,390	165,677	112,471	11,792	112,305
1.2	30	2	0,078	1,138	0,391	0,689	1,190	234,497	128,880	14,905	125,980
1.3	30	3	0,089	1,292	0,369	0,595	1,200	209,774	142,194	12,436	129,757
	Media Dosis 30		0,087	1,132	0,355	0,595	1,260	203,316	127,848	13,044	122,680
2.1	60	1	0,084	0,873	0,401	0,714	0,580	119,421	60,864	8,090	46,244
2.2	60	2	0,071	0,927	0,444	0,647	0,500	158,775	71,475	6,224	44,312
2.3	60	3	0,069	0,893	0,452	0,469	0,520	91,532	71,159	6,066	43,517
	Media Dosis 60		0,075	0,898	0,432	0,610	0,533	123,243	67,833	6,793	44,691
2.4	120	1	0,093	0,895	0,395	0,563	0,630	147,362	91,874	10,666	59,793
2.5	120	2	0,115	0,902	0,392	0,627	0,860	154,000	80,156	9,947	77,840
2.6	120	3	0,122	0,856	0,443	0,743	0,630	164,049	95,588	10,154	81,234
	Media dosis 120		0,110	0,884	0,410	0,645	0,707	155,137	89,206	10,256	72,956
2.10	60+turba	1	0,069	0,773	0,382	0,533	0,610	201,240	57,805	6,974	53,876
2.11	60+turba	2	0,075	0,736	0,429	0,584	0,520	183,162	61,810	6,803	61,037
2.12	60+turba	3	0,093	0,708	0,450	0,558	0,540	124,613	70,031	6,882	66,861
	Media Dosis 60+turba		0,079	0,739	0,420	0,558	0,557	169,671	63,215	6,886	60,592
1.7	A. Mineral	1	0,167	0,913	0,415	1,228	0,740	223,807	123,393	5,202	64,205
1.8	A. Mineral	2	0,038	1,012	0,385	0,540	0,700	163,093	117,661	7,513	68,222
1.9	A. Mineral	3	0,071	0,880	0,356	0,492	0,750	144,082	108,413	5,167	59,098
	Media Dosis A. Mineral		0,092	0,935	0,385	0,753	0,730	176,994	116,489	5,961	63,842

ANEXO 1.8 Análisis de lixiviados.

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS CURVAS DE CALIBRADO

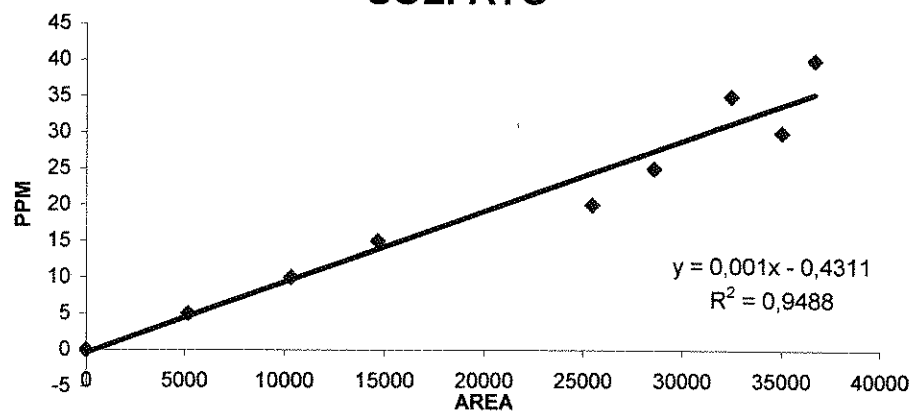
Area	ppm
0	0
7908	5
15243	10
20656	15
36633	20
40069	25
49341	30
47548	35
51004	40

CLORURO



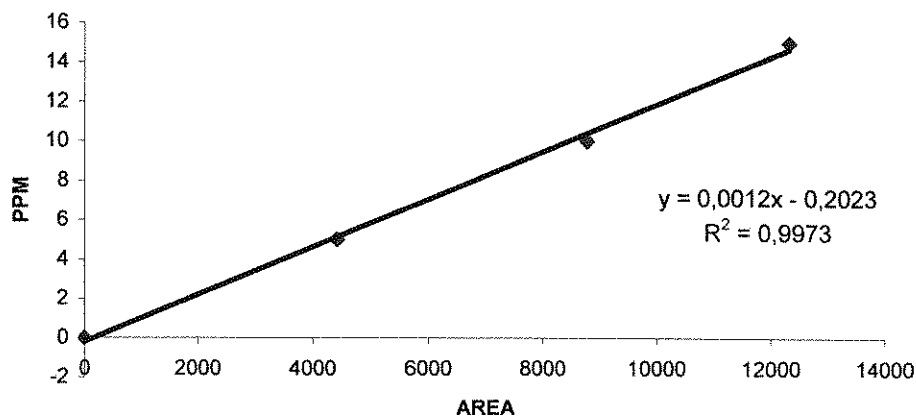
area SO4	ppm
0	0
5203	5
10345	10
14700	15
25484	20
28591	25
35018	30
32493	35
36680	40

SULFATO

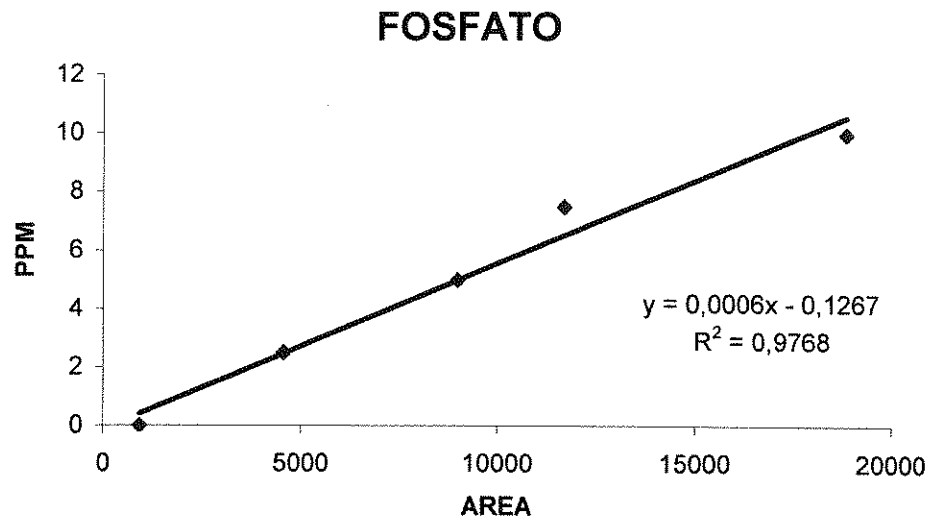


area NO3	ppm
0	0
4424	5
8788	10
12322	15

NITRATOS



area PO4	ppm
941	0
4564,5	2,5
9009,5	5
11705	7,5
18830,5	10



RESUMEN DE LA CONCENTRACION LIXIVIADA DE CADA DIA

CLORURO

	DOSIS 30			DOSIS 0			ABONADO MINERAL		
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
23/06/99	60,04	70,94	70,17	41,16	64,66	100,46	85,84	59,34	86,04
02/08/99	20,60		14,50	18,00	15,30	27,40	45,30		
18/08/99	34,20	37,10	27,40	30,60	58,70	40,20	74,20	28,25	
13/09/99	30,97	28,99	31,32	40,43	38,28	30,51	38,07	25,29	26,99

	DOSIS 60			DOSIS 120			SIN PLANTA			C/N 60		
	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	2,10	2,11	2,12
23/06/99	66,32	69,98	75,49	98,75	120,69	150,92	86,11	50,84	73,90	69,93	68,03	66,42
02/08/99		31,36			32,52		32,01	29,01	54,90			
18/08/99		44,02	40,57	40,48		61,83	57,40	46,65	60,81			59,99
13/09/99	25,67	57,33	83,97	51,39	28,18	29,93	26,57	33,79	61,25	30,81	30,72	24,07

SULFATOS

	DOSIS 30			DOSIS 0			ABONO MINERAL		
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
23/06/99	247,47	265,74	322,80	257,83	303,58	392,69	365,27	298,57	358,50
02/08/99	86,46		73,50	79,61	85,96	116,73	187,57		
18/08/99	142,64	142,82	108,59	143,41	270,58	197,35	309,21	90,88	
13/08/99	139,68	127,56	102,51	156,69	171,84	164,02	114,80	100,1217	102,7152

	DOSIS 60			DOSIS 120			SIN PLANTA			C/N 60		
	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	2,10	2,11	2,12
23/06/99	283,87	376,89	290,63	297,44	342,16	363,97	354,68	226,67	352,71	329,07	193,00	404,51
02/08/99		143,06			139,76		168,69	129,97	219,28			
18/08/99		236,93	145,21	113,90		160,34	218,73	188,36	234,89			288,93
13/08/99	133,08	83,48	61,08	154,96	114,47	152,40	160,24	141,02	221,71	144,68	153,09	128,22

NITRATOS

	DOSIS 30			DOSIS 0			ABONADO MINERAL		
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
23/06/99	79,94	263,22	119,82	29,34	44,46	74,86	83,69	118,38	165,48
02/08/99	2,33		0,74	0,05	0,00	2,29	0,00		
18/08/99	0,60	4,88	5,55	0,00	0,00	0,00	0,00		0
13/09/99	3,96	6,75	1,51	0,00	0,00	0,00	3,17	1,82	3,10

	DOSIS 60			DOSIS 120			SIN PLANTA			C/N 60		
	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7 D-30	2,8 D-60	2,9 D-120	2,1	2,11	2,12
23/06/99	85,50	558,93	91,49	158,87	228,63	309,72	122,67	100,71	161,83	81,15	66,91	64,43
02/08/99		0,19			0		13,08	28,66	24,87			
18/08/99		0	0	0		0	34,49	86,48	21,73			0,58
13/09/99	3,16	0,00	3,33	4,74	2,57	3,44	0,00	9,01	0,00	3,16	4,91	3,18

FOSFATOS

	DOSIS 30			DOSIS 0			ABONADO MINERAL		
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
23/06/99	86,59	56,16	91,34	94,39	94,83	80,87	41,76	87,21	69,30
02/08/99	101,72		69,59	43,58	104,07	64,40	129,92		
18/08/99		118,83	87,69	107,77	19,19	95,20	76,37	145,11	
13/09/99	52,83	57,77	37,20	40,15	32,45	56,61	48,59	81,21	34,76

	DOSIS 60			DOSIS 120			SIN PLANTA			C/N 60		
	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	2,10	2,11	2,12
23/06/99	86,93	63,41	122,30	115,61	78,43	64,71	61,49	69,19	58,68	57,46	23,08	38,02
02/08/99		82,62			71,93		156,53	129,44	126,45			
18/08/99		115,89	101,75	143,74		130,84	118,59	61,37	170,82			4,50
13/09/99	34,34	104,59	66,80	54,57	32,14	60,94	115,09	150,34	146,52	67,98	38,50	35,80

ANEXO 1.9 Análisis de suelo.

ANÁLISIS DE SUELO ANTES DE LA APLICACIÓN DEL PURÍN

Lisimetro	Dosis	Repetición	M.O (%)	N. Total (%)	C/N	NO3 (ppm)	P. Olsen (ppm)	K (ppm)	Mg (meq/100 g suelo)
1.4	0	1	1,63	0,104	9,11	12,21	7,25	142	2,12
1.5	0	2	1,72	0,119	8,4	15,51	7,25	152	2,22
1.6	0	3	2,01	0,135	8,61	10,62	8,47	162	2,07
	Media Dosis 0		1,79	0,119	8,71	12,78	7,66	152,00	2,14
1.1	30	1	2,03	0,138	8,53	14,97	11,1	156	1,86
1.2	30	2	1,82	0,11	9,5	12,21	8,4	194	2,67
1.3	30	3	1,48	0,102	8,43	19,75	11,83	132	2,05
	Media Dosis 30		1,78	0,117	8,82	15,64	10,44	160,67	2,19
2.1	60	1	1,57	0,107	8,53	11,56	14,63	90	1,6
2.2	60	2	2,12	0,122	10,05	5,41	13,38	112	1,7
2.3	60	3	2,04	0,122	9,62	9,62	11	134	1,98
	Media Dosis 60		1,91	0,117	9,40	8,86	13,00	112,00	1,76
2.4	120	1	2,34	0,135	9,94	6,42	22,62	140	1,9
2.5	120	2	2,21	0,133	9,61	11,26	33,51	174	1,97
2.6	120	3	2,21	0,136	9,44	9,63	24,14	168	2,08
	Media Dosis 120		2,25	0,135	9,66	9,10	26,76	160,67	1,98
2.10	60 + Turba	1	2,61	0,143	10,61	12,59	19,63	208	1,98
2.11	60 + Turba	2	2,5	0,167	8,66	15,65	13,25	140	1,9
2.12	60 + Turba	3	2,31	0,125	10,74	18,17	21,93	130	1,92
	Media Dosis 60 + Turba		2,47	0,145	10,00	15,47	18,27	159,33	1,93
1.7	A. Mineral	1	1,9	0,136	8,08	6,28	6,53	152	2,02
1.8	A. Mineral	2	1,87	0,118	9,21	29,15	7,36	140	2,12
1.9	A. Mineral	3	2,07	0,13	9,25	14,44	7,64	162	2,18
	Media A. Mineral		1,95	0,128	8,85	16,62	7,18	151,33	2,11
2.7	30 Sin planta	1	2,35	0,143	9,51	9,2	13,63	126	1,75
2.8	30 Sin planta	2	2,49	0,128	11,31	6,37	17,63	186	1,98
2.9	20 Sin plant	3	2,22	0,151	8,54	6,64	27,31	188	1,93

ANÁLISIS DE SUELO DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DEL PURÍN

Tratamiento	M. Org. (%)		Nitratos (mg/l)		Fosfatos (mg/l)		Potasio (mg/l)		Magnesio (meq/l)	
	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm
Dosis 30	1,59	1,66	28,78	24,03	9,87	5,44	144,00	158,00	1,67	1,68
Dosis 0	1,53	1,91	3,63	4,84	5,53	7,24	148,00	178,00	2,01	2,28
A. Mineral	1,51	2,19	2,50	7,90	4,61	5,66	150,00	172,00	2,10	2,04
Dosis 60	1,44	1,86	6,97	6,37	15,60	10,27	100,00	148,00	1,70	1,80
Dosis 120	1,65	1,72	12,22	10,00	39,74	27,18	118,00	146,00	1,58	1,60
60 + turba	3,52	2,79	14,37	16,36	88,16	49,79	218,00	162,00	2,30	2,18
Sin pl. D-30	1,80	2,00	57,73	48,30	13,33	15,20	96,00	142,00	1,48	1,72
Sin pl. D-60	2,19	1,79	29,07	20,25	31,79	21,67	162,00	146,00	1,78	1,73
Sin pl. D-120	2,52	1,80	19,03	17,35	57,84	45,61	230,00	198,00	1,65	1,92

ANEXO 2. CAMPO

ANEXO 2.2 Caracteres de planta.

DENSIDAD 2

	Altura planta	Altura inserción	N° hojas total	N° hoja inserción	Long. inferior	Anchura inferior	Long. Hoja inserción	Anchura hoja ins.	Long. Superior	Anchura superior
MD2R1	249,50	93,63	17,50	10,38	86,43	10,26	85,43	10,36	83,38	10,23
MD2R2	224,00	86,13	17,75	10,88	89,11	21,85	85,99	10,35	82,61	9,95
MD2R3	204,75	77,13	17,50	10,63	87,88	9,91	83,24	10,23	79,81	9,83
MD2R4	224,13	87,13	18,13	10,00	75,10	8,79	72,43	9,13	70,55	21,43
	225,59	86,00	17,72	10,47	84,63	12,70	81,77	10,02	79,09	12,86
P1D2R1	259,38	96,38	18,13	10,75	87,65	9,99	85,63	10,16	81,63	10,08
P1D2R2	233,75	89,29	16,38	10,43	83,94	9,56	82,10	9,37	77,89	8,99
P1D2R3	220,50	85,86	17,00	10,83	81,61	9,54	77,87	9,39	73,66	9,04
P1D2R4	205,38	73,50	16,75	9,88	78,59	9,16	76,16	8,98	67,31	8,28
	229,75	86,25	17,06	10,47	82,95	9,56	80,44	9,47	75,12	9,09
P2D2R1	249,50	95,63	18,13	10,88	86,85	10,05	84,31	10,00	80,63	9,80
P2D2R2	253,00	101,88	17,38	11,50	87,93	10,01	85,84	9,74	83,40	9,69
P2D2R3	241,88	101,00	16,88	11,13	83,29	9,30	81,48	9,39	78,09	9,45
P2D2R4	199,25	84,13	16,88	10,13	71,38	8,50	67,80	8,23	64,11	7,80
	235,91	95,66	17,31	10,91	82,36	9,47	79,86	9,34	76,56	9,18
P3D2R1	229,00	92,00	17,88	11,25	79,39	9,25	78,85	9,34	76,16	9,35
P3D2R2	229,25	85,63	17,50	11,13	81,73	9,50	80,00	9,61	77,01	9,69
P3D2R3	225,25	90,00	17,50	11,13	79,03	9,16	78,86	9,35	75,86	9,40
P3D2R4	211,00	87,88	16,75	10,25	76,79	8,41	75,36	8,68	71,28	8,70
	223,63	88,88	17,41	10,94	79,23	9,08	78,27	9,24	75,08	9,28

ANEXO 2.3 Caracteres de mazorca y grano.

DENSIDAD 1

	longitud	MAZORCA					GRANO			
		D max	D medio	D inf	Nº filas	Granofilas	Pes maz	Pes total	Pes grano	Peso 100s
MD1R1	205	50	49,5	40,5	18	43,7	248	2504	2195	32
MD1R2	207,5	50,9	49,5	42,7	18	43,7	252,2	2542	2237	34
MD1R3	195,5	46,2	45,2	42,1	17,6	40,4	211,8	2122	1862	30
MD1R4	195,5	45,2	44,4	36,3	15,8	37,7	191,4	1937	1656	34
A. Mineral	200,875	48,075	47,15	40,4	17,35	41,375	225,85	2276,25	1987,5	32,5
P1D1R1	163,5	43,2	44,5	37,7	17,2	37,5	165,2	1657	1448	26
P1D1R2	187	48,1	47,1	39,8	18,4	41	196	1975	1718	25
P1D1R3	160,5	44,3	44,3	36,3	18,8	35,7	147	1572	1286	26
P1D1R4	124,6	37,3	38,3	30,3	15,8	22,6	78	808	697	25
Dosis 30	158,9	43,225	43,55	36,025	17,55	34,2	146,55	1503	1287,25	25,5
P2D1R1	192	47	45,9	38,3	17,6	38,6	174,8	1759	1516	26
P2D1R2	216	49,8	48,2	34,6	17,6	42,4	236,4	2371	2053	32
P2D1R3	196	47,4	47,7	40,1	17,8	39,5	214,8	2158	1882	29
P2D1R4	167	43,4	42,4	34,9	17,4	31,9	133,5	1340	1150	24
Dosis 60	192,75	46,9	46,05	36,975	17,6	38,1	189,875	1907	1650,25	27,75
P3D1R1	174,7	43,2	42,8	40,4	15,8	29,4	149,4	2368	1944	29
P3D1R2	173	45,1	43,8	37,9	17,8	34,5	158,9	1595	1382	26
P3D1R3	179,5	43,2	42,1	34,4	15,4	33,1	150,8	1517	1294	29
P3D1R4	182	45	44,5	37,4	17	36,5	172,7	1737	1513	28
Dosis 120	177,3	44,125	43,3	37,525	16,5	33,375	157,95	1804,25	1533,25	28

DENSIDAD 2

	MAZORCA							GRANO		
	longitud	D max	D medio	D inf	N° filas	Grano/fila	Pes maz	Pes total	Pes grano	Peso 100s
MD2R1	146,3	49,1	48,4	40,4	17,8	42,6	213,8	2147	1880	28
MD2R2	161	43,4	42,7	37,1	18	33	152,4	1550	1366	30
MD2R3	156,5	41	41,9	33,8	16,4	31,9	136,8	1379	1197	27
MD2R4	187,5	48,5	47,7	40,1	19,2	40,7	226,4	2273	2004	28
A. Mineral	162,825	45,5	45,175	37,85	17,85	37,05	182,35	1837,25	1611,75	28,25
P1D2R1	196,5	48,3	48,2	40,5	17,6	41,9	238,9	2399	2102	29
P1D2R2	165	44	44,4	35,7	17,2	36,1	180,1	1712	1497	27
P1D2R3	158,5	44,1	44	35,6	17,8	32,8	131,3	1318	1143	23
P1D2R4	127	37,5	36,9	31,5	15,8	22	77,7	788	671	23
Dosis 30	161,75	43,475	43,375	35,825	17,1	33,2	157	1554,25	1353,25	25,5
P2D2R1	181,5	45,7	45,3	39,6	17	37,8	172,4	1729	1495	28
P2D2R2	190,5	48,8	48,2	40	19,2	40,9	217,6	2184	1930	30
P2D2R3	181,5	46,5	45,3	38,5	17,4	36,3	173,5	1741	1525	30
P2D2R4	164	41	40,5	34,5	16,4	30,2	125,1	1257	1089	26
Dosis 60	179,375	45,5	44,825	38,15	17,5	36,3	172,15	1727,75	1509,75	28,5
P3D2R1	187	47,8	46,9	41,5	16,6	38,6	203,6	2044	1786	32
P3D2R2	205	46,6	46,9	37,4	17	38,2	210,9	2128	1851	30
P3D2R3	180	45,6	44,7	38,8	17,6	36,5	161,9	1633	1405	28
P3D2R4	176	42,4	43,6	36	17,6	34,1	157,4	1576	1347	23
Dosis 120	187	45,6	45,525	38,425	17,2	36,85	183,45	1845,25	1597,25	28,25

ANEXO 2.4 Caracteres de rendimiento.

	N° PLANTAS (cm)			N° mazorcas	Peso parcela (gr)	Humedad	PHL
	Volcadas	Tronchadas	Total				
MD2R1	1	8	36	35	8770	20,8	61,5
P1D1R1	0	4	24	23	4210	22	63,3
P2D1R1	0	6	24	24	5300	24,1	63,6
P3D1R1	1	1	15	13	2400	26,3	61,6
MD1R1	0	4	24	23	6820	20,4	58,5
P1D2R1	0	4	36	34	6930	21,6	59,1
P2D2R1	0	10	35	34	7330	25,1	64,5
P3D2R1	3	4	27	25	6410	26,4	63,7
MD1R2	0	5	28	26	6560	20,3	66,2
P1D1R2	0	4	24	22	4480	23,7	60,8
P2D1R2	0	4	26	30	8330	26,1	63,30
P3D1R2	2	6	29	26	5380	26,7	64,3
MD2R2	1	14	37	35	6690	19,9	68,2
P1D2R2	2	7	33	28	4650	25	63,3
P2D2R2	0	4	33	32	6900	21,4	64,2
P3D2R2	0	6	24	19	4980	27,4	65,1
MD1R3	0	5	27	26	6170	22,3	66,8
P1D1R3	0	3	24	21	3620	22,3	63,5
P2D1R3	3	5	28	25	5860	23,9	65,4
P3D2R3	4	8	42	37	6540	26,6	62,6
MD2R3	0	8	39	34	6300	22,6	67,4
P1D2R3	0	5	38	32	4280	23,8	65,5
P2D2R3	1	9	37	32	5770	26,1	65,6
P3D1R3	1	3	33	28	5870	24	65,2
MD2R4	1	10	36	35	7460	23,6	61,5
P1D2R4	1	6	37	31	2510	23	66,7
P2D1R4	1	5	23	21	3740	26	62,9
P3D1R4	0	7	31	25	5680	23,3	65,1
MD1R4	0	2	26	25	6030	22,1	65,9
P1D1R4	1	1	24	19	2000	22,3	65,6
P2D2R4	3	7	37	34	2890	26,8	61,5
P3D2R4	1	5	25	22	4020	23,3	64,4

ANEXO 2.5 Caracteres de biomasa.

DENSIDAD 1

	PESO FRESCO 10 PLANTAS		PESO SECO 10 PLANTAS	
	Total	Tallo+Hojas	Maz	Tallo+Hojas
MD1R1	6050	3150	2900	1635,66
MD1R2	6510	3180	3330	1581,45
MD1R3	5360	3200	2160	1530,5
MD1R4	5910	3000	2910	1613,85
A. Mineral	5957,5	3132,5	2825	1590,365
				2284,25
P1D1R1	6420	3790	2630	1880,25
P1D1R2	6550	4090	2460	1863,28
P1D1R3	4370	2680	1690	1599,02
P1D1R4	4200	3040	1160	1334,03
Dosis 30	5385	3400	1985	1669,145
				1673
P2D1R1	4720	2870	1850	1609,99
P2D1R2	6490	3790	2700	1634,18
P2D1R3	6370	3680	2690	1728,51
P2D1R4	5050	2860	2190	1573,49
Dosis 60	5657,5	3300	2357,5	1636,5425
				1898,75
P3D1R1	5170	3070	2100	1564,66
P3D1R2	3870	2190	1680	1073,93
P3D1R3	4150	2380	1770	1258,2
P3D1R4	4530	2840	1690	1317,8
Dosis 120	4430	2620	1810	1303,6475
				1389,75

DENSIDAD 2

	PESO FRESCO 10 PLANTAS		PESO SECO 10 PLANTAS	
	Total	Tallo+Hojas	Maz	Tallo+Hojas
MD2R1	5980	3450	2530	1532,55
MD2R2	4040	2160	1880	1188,6
MD2R3	4080	2350	1730	1203,4
MD2R4	3300	1840	1460	1134,44
A. Mineral	4350	2450	1900	1264,7475
P1D2R1	5530	3360	2170	1636,42
P1D2R2	5450	3400	2050	1755,89
P1D2R3	4820	3160	1660	1426,65
P1D2R4	4330	3420	910	1319,56
Dosis 30	5032,5	3335	1697,5	1534,63
P2D2R1	5030	2890	2140	1562,08
P2D2R2	6080	3250	2830	1600,2
P2D2R3	4930	3220	1710	1484,01
P2D2R4	4670	3120	1550	1345,8
Dosis 60	5177,5	3120	2057,5	1498,0225
P3D2R1	4480	2550	1930	1112,82
P3D2R2	5650	3040	2610	1339,65
P3D2R3	3700	2430	1270	1206,85
P3D2R4	3610	1920	1690	1216,16
Dosis 120	4360	2485	1875	1218,87
				1430,75

ANEXO 2.6 Análisis de hojas.

DENSIDAD 1

N°	IDENTIF	% P.	% Ca.	% Mg	% K.	% N	Fe.ppm.	Mn.ppm.	Cu.ppm.	Zn.ppm.
612	MD1R1 (Rep. 1)	0,098	0,958	0,300	0,524	1,170	166,386	169,760	10,058	54,082
616	MD1R2 (Rep. 2)	0,095	1,143	0,407	0,620	1,060	200,320	188,629	8,796	52,361
624	MD1R3 (Rep. 3)	0,131	1,209	0,378	0,470	1,250	149,266	162,686	8,368	48,966
636	MD1R4 (Rep. 4)	0,104	1,360	0,228	0,553	1,150	213,357	191,947	12,864	50,898
	MEDIA A. MINERAL	0,107	1,167	0,328	0,542	1,158	182,332	178,256	10,022	51,577
609	P1D1R1	0,166	0,711	0,365	0,646	0,850	201,409	179,673	5,376	46,872
617	P1D1R2	0,107	1,151	0,389	0,436	1,000	174,168	181,888	7,982	41,204
625	P1D1R3	0,162	1,113	0,357	0,505	0,660	183,782	164,953	3,406	29,230
637	P1D1R4	0,305	1,473	0,228	0,471	0,600	207,961	174,515	5,176	47,377
	MEDIA DOSIS 30	0,185	1,112	0,335	0,515	0,778	191,830	175,257	5,485	41,171
610	P2D1R1	0,142	0,673	0,327	0,635	1,010	152,291	188,626	6,085	30,304
618	P2D1R2	0,126	1,158	0,447	0,769	1,090	193,054	157,932	9,352	51,449
626	P2D1R3	0,146	1,116	0,325	0,768	1,000	175,543	165,885	8,954	29,691
634	P2D1R4	0,184	1,178	0,236	0,661	0,770	112,851	163,029	5,716	35,180
	MEDIA DOSIS 60	0,150	1,031	0,334	0,708	0,968	158,435	168,868	7,526	36,656
611	P3D1R1	0,256	0,595	0,343	0,745	1,260	227,938	181,084	8,495	76,386
76619	P3D1R2	0,126	0,903	0,379	0,562	1,080	161,310	150,840	9,727	63,149
631	P3D1R3	0,131	1,117	0,262	0,440	0,710	146,662	162,446	5,592	34,379
635	P3D1R4	0,150	1,409	0,230	0,839	1,100	313,200	142,475	9,695	74,741
	MEDIA DOSIS 120	0,166	1,006	0,304	0,646	1,038	212,277	159,211	8,377	62,163

DENSIDAD 2

N°	IDENTIF	% P.	% Ca.	% Mg	% K.	% N	Fe.ppm.	Mn.ppm.	Cu.ppm.	Zn.ppm.
76608	MD2R1	0,103	0,615	0,403	0,606	1,180	239,028	162,900	9,000	43,638
620	MD2R2	0,101	1,126	0,402	0,512	1,150	201,964	152,477	8,234	57,427
628	MD2R3	0,150	1,160	0,337	0,707	1,380	247,081	134,896	8,322	48,495
632	MD2R4	0,096	1,025	0,219	0,378	1,030	210,308	129,622	5,974	34,393
	MEDIA A. MINER.	0,113	0,981	0,340	0,551	1,185	224,595	144,974	7,882	45,988
613	P1D2R1	0,135	1,071	0,343	0,444	0,930	221,792	192,153	5,662	39,435
621	P1D2R2	0,141	1,113	0,370	0,604	0,830	171,218	173,368	5,674	33,508
629	P1D2R3	0,175	1,037	0,319	0,411	0,580	159,916	147,476	3,477	36,449
633	P1D2R4	0,218	0,989	0,262	0,523	0,440	150,095	133,881	3,732	40,154
	MEDIA DOSIS 30	0,167	1,053	0,323	0,495	0,695	175,755	161,719	4,636	37,387
614	P2D2R1	0,164	1,068	0,378	0,836	1,020	308,039	162,596	7,335	52,032
622	P2D2R2	0,115	1,129	0,385	0,632	0,930	231,480	152,837	5,979	32,937
630	P2D2R3	0,143	1,087	0,233	0,317	0,730	131,383	150,521	4,155	29,080
638	P2D2R4	0,155	1,294	0,238	0,613	0,570	129,644	124,537	4,575	27,129
	MEDIA DOSIS 60	0,144	1,145	0,308	0,599	0,813	200,137	147,623	5,511	35,294
615	P3D2R1	0,181	1,100	0,438	0,885	1,080	201,964	136,638	8,180	76,239
623	P3D2R2	0,118	1,173	0,317	0,709	1,140	206,094	177,720	10,971	61,058
627	P3D2R3	0,228	1,090	0,368	0,532	0,840	198,480	133,709	4,873	53,698
639	P3D2R4	0,073	1,225	0,261	0,656	0,570	110,283	148,189	5,482	29,917
	MEDIA DOSIS 120	0,150	1,147	0,346	0,696	0,908	179,205	149,064	7,377	55,228

ANEXO 2.7 Análisis de suelo.

ANÁLISIS DE SUELO DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DEL PURÍN

Tratamiento	M. Org. (%)		Nitratos (mg/l)		Fosfatos (mg/l)		Potasio (mg/l)		Magnesio (meq/l)	
	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm	0-25 cm	25-50 cm
A. Mineral	1,71	1,65	28,39	81,58	15,2	12,8	158	150	1,37	1,65
Dosis 30	1,78	1,64	10,73	6,45	17,60	15,73	158,00	156,00	1,80	1,75
Dosis 60	1,68	1,58	7,15	5,22	16,27	13,48	150,00	132,00	1,82	1,68
Dosis 120	1,87	1,78	3,69	7,53	27,82	21,18	242,00	186,00	2,03	1,95

ANEXO 2.8 Temperatura del suelo.

TEMPERATURA DEL SUELO

FECHA	MACETONES	CAMPO
02/07/99	32°C	32°C
09/07/99	29,5°C	28°C
14/07/99	28°C	23°C
16/07/99	30°C	28°C
21/07/99	29°C	29°C
23/07/09	26°C	
03/08/99	26°C	25°C
10/08/99	31°C	26°C
13/08/99	30°C	30°C
13/09/99	25°C	25°C
15/10/99	14°C	14°C
18/10/99	14°C	14°C
MEDIA	26,21	24,91