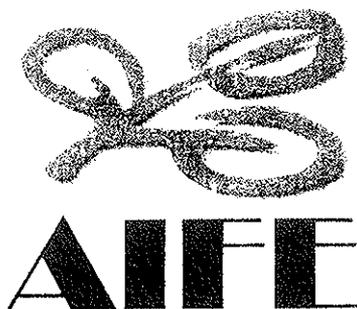


# POSIBILIDADES DE RESTITUCIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE LA ALFALFA



Asociación Interamericana de Fertilizantes  
Buenos Aires, Argentina

Noviembre de 2002





**LAF** LABORATORIO DE ANÁLISIS  
Y FERTILIDAD DE SUELOS

## *POSIBILIDADES DE RESTITUCIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE LA ALFALFA*

### Autores del estudio:

- LAF. Laboratori d'Anàlisi i Fertilitat de Sòls  
Sidamon (Lleida)
  - Miquel Arán
  - Pere Villar
  
- UdL (Universitat de Lleida) - IRTA  
Lleida
  - Jaume Lloveras
  
- Servicio de Investigación Agraria. DGA  
Zaragoza
  - Ignacio Delgado
  - Pedro Muñoz



- 1.- Introducción
- 2.- Justificación del proyecto
- 3.- Antecedentes
  - 3.1.- Aplicación de los residuos orgánicos en agricultura
  - 3.2.- Composición química de los residuos ganaderos
  - 3.3.- Necesidades de nutrientes de la alfalfa
  - 3.4.- Nota sobre metales pesados en suelos
  - 3.5.- Ensayos previos relevantes
- 4.- Material y métodos
  - 4.1.- Selección de parcelas
  - 4.2.- Descripción de las zonas y suelos donde se localizan los ensayos
  - 4.3.- Características de los ensayos
  - 4.4.- Métodos de análisis
- 5.- Resultados y discusión
  - 5.1.- Estado inicial de las parcelas.
  - 5.2.- Observaciones generales y aportación de nutrientes de los purines.
  - 5.3.- Resultados análisis de suelos campaña 2001
  - 5.4.- Resultados análisis de planta campaña 2001
  - 5.5.- Evaluación de resultados en planta 2001
  - 5.6.- Conclusiones campaña 2001
  - 5.7.- Resultados campaña 2002
  - 5.8.- Conclusiones campaña 2002.
  - 5.9.- Resumen de resultados 2001-02
- 6.- Conclusiones del proyecto.



## POSIBILIDADES DE RESTITUCIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE LA ALFALFA

### 1.- INTRODUCCIÓN

La superficie de alfalfa para transformación en España es del orden de las 170.000 ha (campaña 2001/2002). Este cultivo se constituye actualmente en uno de los más importantes de los regadíos españoles. Las principales Comunidades Autónomas productoras son Aragón (81.000 ha), Cataluña (39.000 ha), Castilla-La Mancha (26.000 ha), Castilla-León (11.000 ha) y Navarra (9.000 ha).

El cultivo de esta leguminosa presenta a priori y en la práctica real un potencial importante. A nivel de exigencias climáticas y edafológicas las condiciones naturales de buena parte de los grandes regadíos españoles encajan en las necesidades del cultivo. Las preferencias de la alfalfa son los climas templados y los suelos bien drenados y profundos con un cierto contenido en carbonatos y básicos. La disponibilidad de agua, un elevado número de horas de sol, temperaturas adecuadas y condiciones edafológicas precisas constituyen la base potencial de este cultivo. Cuando se dan estas condiciones la alfalfa alcanza elevados rendimientos cualitativos y cuantitativos. A estas características debe asociarse la pertenencia de la alfalfa a la familia de las leguminosas, caracterizadas por su capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico.

La posibilidad de introducir, de forma racional y justificada agronómica y medio-ambientalmente, los residuos orgánicos ganaderos en el plan de fertilización, constituye el objetivo del estudio que se presenta. En concreto se ha evaluado el efecto de la aportación de purines de cerdo en alfalfa, como alternativa comparable a la aplicación de abonado mineral.

En esta línea de estudio de la nutrición de la alfalfa se ha desarrollado un proyecto a tres años 2000-2001-2002, relativo a la reposición de nutrientes en base a fertilizantes orgánicos de origen ganadero.

El trabajo se ha realizado de forma conjunta por el laboratorio "LAF, Laboratori d'Anàlisi i Fertilitat de Sòls" localizado en Sidamon (Lleida), el centro de Investigación IRTA-UdL de Lleida y el Servicio de Investigación Agraria de la DGA de Aragón.



## 2.- JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Tres son los elementos clave que justifican la realización de este proyecto:

- la fertilización y su impacto económico
- la problemática de los residuos ganaderos
- el contexto y encaje de la fertilización de la alfalfa y la aplicación de purines

### i) Fertilización y su impacto económico

La alfalfa es un cultivo con una demanda de nutrientes importante. Este hecho se refleja tanto en la propia composición mineral del forraje como en los niveles de consumo de nutrientes que se observan en las parcelas de alfalfa. La bibliografía recoge este hecho de forma abundante. Destacamos, en el caso de España el estudio realizado sobre "Caracterización de los suelos de las parcelas de alfalfa de España" (AIFE, 1999) donde se observa la variabilidad de los contenidos de nutrientes a nivel de suelo y hoja y donde se fijan los criterios principales de fertilización de este cultivo.

A nivel económico las implicaciones de la fertilización en costes de producción y en calidad de producto son enormes y sistemáticas. Tan solo en costes de fertilización mineral y tomando como base una superficie de cultivo de 150.000 ha y unos costes de fertilización de 120 euros/ha el coste anual de la fertilización de la alfalfa en unidades fertilizantes de fósforo y potasio supera los 18 millones de euros anuales. A ello habría que añadir el enorme impacto que ejerce el contenido mineral del forraje en la producción (kg de materia seca por ha) y en la calidad (proteínas y fibras). El tema por lo tanto tiene un impacto económico importante y habría que añadir incluso el impacto medioambiental. Una fertilización mal ejecutada puede acarrear un impacto medioambiental considerable en suelos y aguas. He aquí un nuevo aspecto de la fertilización que cada vez es tomado en cuenta en el planteamiento de la gestión de la alfalfa y de todos los cultivos.



## ii) La problemática de los residuos ganaderos

El desarrollo de la ganadería intensiva ha supuesto la consolidación de un sector económico de primera magnitud que aporta uno de los mayores valores añadidos al sector primario español. En el caso de la ganadería porcina intensiva, España se ha consolidado como uno de los principales productores de porcino de la Unión Europea desarrollando una potente industria agroalimentaria.

Uno de los efectos colaterales de este desarrollo de la ganadería porcina es la concentración de la producción en ciertas zonas, donde se generan importantes volúmenes de residuos semilíquidos, los purines, que constituyen uno de los problemas ambientales más importantes de la Unión Europea.

En situaciones de amplia disponibilidad de suelo el problema de los excedentes de purines no plantea normalmente problema alguno si las dosis adecuadas se mantienen bajo criterios agronómicos. En otras situaciones la producción intensa de residuos no encuentra salida en las parcelas de suelos disponible o su aplicación a nivel de dosis por unidad de superficie se eleva mucho más allá de la capacidad natural de integración del residuo que posee el suelo agrícola.

A nivel de gestión para uso agrícola el problema es agronómico: composición del residuo, nivel de los nutrientes del suelo, necesidades de la planta, contraindicaciones particulares del cultivo, la disponibilidad del residuo, coste del residuo y su transporte, cual es su modo de aplicación, efectos que genera en el suelo y en la planta y otras cuestiones de índole técnica.

No abundan los estudios que justifiquen y amparen una aplicación agronómica de los residuos ganaderos y en especial los purines. En el capítulo de antecedentes de este proyecto se da un amplio repaso a las características básicas de este subproducto.

Para el proyecto que se plantea se considera la aportación de unidades fertilizantes de macronutrientes y micronutrientes, como substitutivos potenciales de las unidades fertilizantes del abono mineral convencional. Asimismo se miden las concentraciones y evolución de zinc y cobre.

## iii) El contexto y encaje de la fertilización de la alfalfa y la aplicación de purines

Con una extensa superficie de alta producción en regadío, el cultivo de la alfalfa constituye un enorme sumidero potencial y mecanismo consumidor de



unidades fertilizantes de fósforo y potasio. El suministro de estos elementos es, en conjunto, más rutinario que técnico. Por otro lado la generación de purines supone en definitiva una producción enorme de dichos nutrientes, mezclados con otros minerales y en una presentación particular.

El potencial de absorción de purines por parte del cultivo de alfalfa es enorme si es posible responder a las siguientes preguntas:

- Dosis de aplicación según tipo de granja (engorde, reproducción, ciclo cerrado)
- Estimación y medida del valor fertilizante
- Seguimiento de las normativas aplicables según administraciones y zonas de especial protección
- Estimación de los efectos colaterales del valor macronutricional
- Impacto sobre las propiedades del suelo a medio y largo plazo de los contenidos de micronutrientes y metales pesados
- Pérdidas de unidades fertilizantes según épocas y métodos de aplicación.



### 3.- ANTECEDENTES

#### 3.1.- APLICACIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS EN AGRICULTURA.

A pesar de tratarse de un cultivo con una altas demandas de nutrientes, las alternativas de fertilización con residuos orgánicos de origen ganadero, en este cultivo, se hallan poco documentadas y más aún en España.

En líneas generales la aplicación de residuos orgánicos en cultivos de tipo extensivo presenta algunas generalidades que incluyen también al manejo de la alfalfa:

- ✓ Se trata de productos aplicados desde tiempo inmemorial en agricultura. Sin embargo, la concentración de la producción ganadera y su cambio de tipología, más industrial, provoca en ciertas zonas concentraciones de residuo no presentes antiguamente
- ✓ El lavado de nitratos depende básicamente de las características del suelo (drenaje interno y granulometría), de las dosis aplicadas y, en menor cuantía, del tipo de material orgánico de origen ganadero empleado
- ✓ El lavado de nitratos no parece presentar un problema importante si se respetan las dosis agronómicas. El riesgo de lixiviación aumenta considerablemente cuando las dosis no se acoplan con las necesidades de los cultivos
- ✓ La utilización del criterio de aplicación basado en las necesidades de nitrógeno provoca una acumulación del nutriente fósforo
- ✓ El riesgo de incremento de la salinidad del suelo se minimiza con la aplicación de dosis agronómicas de residuo
- ✓ La acumulación de metales pesados constituye un riesgo en caso de aplicaciones muy superiores a las necesidades reales de sistema suelo-planta
- ✓ El criterio de utilización del residuo basado en el aprovechamiento de nutrientes para necesidades de fertilización minimiza los riesgos en relación a la utilización de un criterio de utilización del suelo como vertedero

Por otro lado, de un modo realista, la única alternativa viable de aplicación y eliminación de los residuos orgánicos es su aplicación a los suelos agrícolas. Otras alternativas de gestión no proceden a la destrucción de los nutrientes sino que se limitan a una transformación en la presentación y concentración del subproducto, con lo cual el problema de la concentración excesiva de ciertos nutrientes no cambia un ápice con respecto a la situación original.





Estas consideraciones de carácter agronómico y general se aplican sin duda al cultivo de la alfalfa. El ensayo pretende ajustar estos conceptos a las condiciones del regadío español, ensayando dosis precisas, en suelos concretos, con criterios de manejo estándar y evaluando los estados previos y finales del ensayo.

### 3.2.- COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS RESIDUOS GANADEROS

La restitución de los elementos nutrientes en los suelos constituye una de las claves de la producción agrícola. De una manera u otra los agricultores han adaptado diversos métodos para garantizar el mantenimiento de unos niveles de nutrientes en el suelo, suficientes para el correcto desarrollo de los cultivos. Cuando este objetivo no se consigue, las bajas cosechas o la disminución de los rendimientos son inevitables. Es por ese motivo que en la agricultura ha existido y existe una continua lucha por la obtención de tierras fértiles, que puedan suministrar los nutrientes necesarios a los cultivos para la obtención de la producción esperada.

Especialmente, y de forma general, las aportaciones de fertilizantes orgánicos constituyen una importante fuente de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio.

Según los tipos de material utilizando (purín, estiércol o gallinaza) los contenidos en estos parámetros variarán considerablemente, hecho que se deberá tener en cuenta al utilizarlos como fertilizantes en nuestros sistemas agrícolas.

Conocer el tipo de fertilizante orgánico que estamos gestionando (composición química y características), así como su correcto uso y manejo (aplicación al suelo en dosis agronómicas según el tipo de cultivo, época de aplicación y suelo receptor), determinan principalmente el buen uso que se haga de estos materiales.

#### Variabilidad en la composición de los purines

Una de las características más destacadas en la composición química de los purines es su variabilidad. Diferentes son los factores que influyen en este punto:

- tipo de explotación (madres, engorde, ciclo cerrado ...)



- tipo de alimentación (diferente según el tipo de explotación)
- contenido de agua en la muestra de purín
- heterogeneidad de los constituyentes que forman el purín

Aunque las diferencias en composición más grandes se dan entre granjas con diferente tipo de explotación, la diferencia observada entre granjas con el mismo tipo de explotación (comparando por ejemplo granjas de engorde entre sí) es también muy importante. Estas diferencias entre purines procedentes de granjas con igual tipo de explotación son debidas principalmente al distinto tipo de manejo que se lleva a cabo en cada una de ellas.

En la tabla 3.2.1 se dan cifras orientativas de la composición de purines de granjas de engorde

Tabla 3.2.1.- Composición orientativa en purines de engorde

	Máximo	Mínimo	Promedio
Mat. seca (%)	14,3	2,06	7,1
Mat. orgánica (%)	77,9	51,3	65
Nit. total (%)	19,28	4,9	8,8
Nit. orgánico (N) (%)	3,1	1,27	1,9
Nit. amoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (%)	10,2	2,1	6,9
Fósforo (P) (%)	3,1	1,44	2,19
Potasio (K) (%)	10,1	1,7	6,3
Hierro (Fe) (%)	0,47	0,22	0,27
Cobre (Cu) (mg/kg)	922	323	567
Zinc (Zn) (mg/kg)	3.888	470	1.200

Materia seca expresada en % sobre muestra fresca.

Materia orgánica, Nitrógeno, Fósforo y Potasio y Hierro expresados en % sobre muestra seca.

Cobre y zinc expresados en mg/kg sobre muestra seca

A partir de los valores de la tabla 3.2.1, se pueden calcular los kg de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio orientativos para aportaciones de 10 m<sup>3</sup> de purín fresco.

Así 10.000 litros de purín aportarían del orden de:

400 - 500 kg de mat. orgánica

55 - 75 kg de nitrógeno total (N) de los que:

10 - 20 kg de nitrógeno orgánico



45 - 55 kg de nitrógeno amoniacal  
30 - 50 kg de fósforo ( $P_2O_5$ )  
45 - 65 kg de potasio ( $K_2O$ )  
400 - 500 de cobre (Cu)  
800 - 900 de zinc (Zn)

El efecto pues del purín de engorde sobre la producción vegetal es principalmente debido a su papel como enmienda fertilizante (contenido de N, P y K).

Por lo que se refiere a otros parámetros cabe destacar:

- Aportaciones de materia orgánica poco importantes, aunque no menospreciables
- Valores de pH básicos, del orden de 8,3 a 8,9
- Conductividades (sales) -medida directa- entre 10 y 28 dS/m
- Relación C/N muy baja con valores entre 3 y 5, hecho que explica la elevada disponibilidad del nitrógeno aportado.

En la tabla 3.2.2. Se da la comparación de purines en granjas de reproducción

Tabla 3.3.2.- Composición orientativa en purines de granja de reproducción

	Máximo	Mínimo	Promedio
Mat. seca (%)	10,1	0,8	4,9
Mat. orgánica (%)	71	47	59
Nit. total (%)	17,6	2,7	6,7
Nit. orgánico (N) (%)	2,5	0,9	1,4
Nit. amoniacal ( $NH_4^+$ ) (%)	15,1	1,8	5,3
Fósforo (P) (%)	3,95	1,7	2,88
Potasio (K) (%)	0,68	7,1	3,97
Hierro (Fe) (%)	0,38	0,07	0,16
Cobre (Cu) (mg/kg)	638	187	392
Zinc (Zn) (mg/kg)	4.872	523	1.500

Materia seca expresada en % sobre muestra fresca.

Materia orgánica, Nitrógeno, Fósforo y Potasio y Hierro expresados en % sobre muestra seca.

Cobre y zinc expresados en mg/kg sobre muestra seca

10000 litros de purín aportarían aproximadamente:



- 200 - 300 kg de mat. orgánica
- 25 - 45 kg de nitrógeno total (N), de los que:
  - 5 - 13 kg de nitrógeno orgánico
  - 20 - 32 kg de nitrógeno amoniacal
- 25 - 35 kg de fósforo ( $P_2O_5$ )
- 20 - 30 kg de potasio ( $K_2O$ )
- 150 - 250 de cobre (Cu)
- 700 - 800 de zinc (Zn)

#### Resumen: aportaciones principales de nutrientes en el purín

i) La mayor parte del nitrógeno contenido en un purín se encuentra principalmente en dos formas:

Nitrógeno orgánico, que forma parte de la materia orgánica y que se debe mineralizar en otras formas de nitrógeno para ser absorbido por la planta.

Nitrógeno amoniacal, que es la forma de nitrógeno directamente disponible por el cultivo, previo paso de este a formas nítricas, desde el mismo momento de la aplicación.

De estas dos formas de nitrógeno, la amoniacal es la mayoritaria en cualquier tipo de purín. Así pues, la mayor parte del nitrógeno que aportamos a partir de la fertilización con purines se encuentra directamente disponible por el cultivo en el mismo momento de la aplicación.

ii) Tanto el fósforo como el potasio aportados por el purín se encuentran en formas totalmente disponibles por el cultivo

iii) El nivel de potasio y de zinc observado ha aumentado muy significativamente en los diferentes purines estudiados, en relación a tablas de riqueza más antiguas

iv) En términos generales, aportaciones de 25-30 m<sup>3</sup> de purín de engorde por hectárea cubren las necesidades nutricionales de los cereales de invierno. Se deberían complementar con un abono mineral según el tipo de purín y el estado nutricional del suelo

v) Aportaciones de 50-60 m<sup>3</sup> de purín de engorde por ha cubren las necesidades nutricionales de cultivos más exigentes como el maíz. Se debería



**LAF** LABORATORIO DE ANÁLISIS  
Y FERTILIDAD DE SUELOS

complementar con un abono mineral según el tipo de purín y el estado nutricional del suelo.



### 3.3.- NECESIDADES DE NUTRIENTES DE LA ALFALFA

#### i) Composición de la alfalfa

La exportación de nutrientes incorporados en el forraje que constituye las cosechas es normalmente el origen de la demanda de nutrientes por parte de los cultivos. Esta demanda de nutrientes se relaciona básicamente con la composición mineral y la cosecha obtenida. A causa del corte frecuente, el rebrote continuo de la planta, y a que prácticamente toda la planta se exporta de la parcela, la salida de nutrientes o exportación de este cultivo es muy elevada. Una aproximación al contenido medio de los nutrientes básicos por tonelada de materia seca de alfalfa sería la siguiente:

Nitrógeno:	40-50 kg/ha y tonelada de materia seca (s.m.s.)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :	9 kg/ha y tonelada de materia seca (s.m.s.)
K <sub>2</sub> O:	30 kg/ha y tonelada de materia seca (s.m.s.)

La concentración de nutrientes en planta depende fuertemente de la capacidad productiva del combinado suelo/disponibilidad de agua. Para la obtención de altos rendimientos las concentraciones son mayores y por tanto las extracciones crecen de forma exponencial.

Existen importantes discrepancias entre los contenidos de nutrientes según se utilicen unas tablas u otras. Las concentraciones en planta se situarían en cifras como las siguientes de las Tablas 3.3.1 y 3.3.2 (s.m.s.):



Fotografía n. 1 Detalle de la alfalfa en el campo de ensayo.



Tabla N.3.3.1.- Concentración de nitrógeno, fósforo y potasio de la alfalfa según el estado vegetativo y la parte de la planta muestreada (s.m.s.)

Estado de crecimiento	Parte de la planta	N %	P %	K %
Vegetativo	15cm superiores	4.0-5.0	0.25-0.70	2.5-3.8
Floración inicial	Parte aérea	3.5-5.0	0.25-0.45	0.20-0.45
Heno	Parte aérea	2.8-3.5	0.20-0.45	1.5-3.0

(Datos extraídos de "World Fertilizer Use Manual". IFA 1999.

Tabla N.3.3.2.- Comparación de extracciones N, P, K para distintos cultivos.

Cultivo	Cosecha t/ha	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Cebada (grano + paja)	5	105	35	95
Trigo (grano + paja)	5	120	40	100
Maíz (grano + paja)	12	275	65	195
Olivo	5	80	25	100
Alfalfa	12	550	108	360

N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O en kg/ha para el total de cosecha citada (s.m.s.).

Fuente: Datos obtenidos por "LAF, Laboratori d'Anàlisi i Fertilitat de Sòls" a partir de la base de datos propia.

Es interesante comparar el volumen de exportaciones de diferentes cultivos y producciones para situar, de un modo relativo, las necesidades de la alfalfa.

Se observa, en las tablas precedentes, como las exportaciones de la alfalfa se sitúan en una posición destacada, siendo por tanto uno de los cultivos potencialmente más esquilmanes del suelo en fósforo y potasio. En el caso del nitrógeno se observa, igualmente, la gran cantidad de nitrógeno orgánico que se exporta en una parcela de alfalfa en una cosecha de tipo medio en un regadío convencional.

Las demandas del fósforo y potasio deben satisfacerse a partir de las reservas del suelo y de la fertilización mineral u orgánica. Por su condición de



leguminosa, en condiciones normales, las necesidades de nitrógeno se satisfarán mediante las aportaciones a la planta de los Rhizobium, a partir del nitrógeno atmosférico.

## II) Fertilización en la alfalfa

La alfalfa tiene una necesidad importante en fósforo y potasio. El fósforo juega un papel esencial en el desarrollo radicular. El potasio es necesario en la obtención de altos rendimientos y en el desarrollo de la resistencia al frío. El análisis de suelo es la técnica más fiable y objetiva para evaluar las necesidades de fertilización, tanto para el razonamiento de la fertilización P-K como para hacer un diagnóstico sobre otros elementos.

Las aportaciones de nitrógeno en la siembra no son necesarias pese al uso que algunos agricultores insisten en dar a esta práctica. El nitrógeno contenido en el suelo puede tener una acción inhibitoria sobre la nodulación y la fijación de nitrógeno atmosférico. La utilización de fertilizantes nitrogenados en el momento de la siembra solo se justifica en el caso de suelos pobres en nitratos y cuando el sistema radicular de las plántulas no es eficaz para la fijación del nitrógeno atmosférico.

El fósforo y el potasio pueden aplicarse simultáneamente evitando los aportes masivos en cobertera o próximos a nascencia. La alfalfa demanda, para su correcta implantación, un suelo bien drenado, bastante profundo, con una buena capacidad de retención de agua.

En un suelo normalmente provisto de nutrientes, para cubrir las necesidades de la alfalfa durante el año de implantación, se necesita un aporte del orden de 110 Unidades Fertilizantes de  $P_2O_5$  y de 350 unidades fertilizantes de  $K_2O$  por hectárea. Lógicamente este aporte variará en función de las reservas disponibles de dichos elementos.

A partir del segundo año, en suelos y producciones medias, las necesidades son del orden de 90  $P_2O_5$  – 300  $K_2O$  por hectárea.

Las necesidades del cultivo deben de englobarse en un contexto edafoclimático concreto, por lo que deberán ajustarse según el potencial productivo y el contenido de nutrientes en el suelo determinado mediante el análisis de suelos.

Los fertilizantes a utilizar podrían ser de tres tipos distintos en cuanto a proporción entre ambos nutrientes. Así por ejemplo una proporción equilibrada



de fósforo y potasio puede ser un fertilizante 1:1,5. Para parcelas con bajo contenido o proporción en fósforo se puede utilizar un fertilizante tipo 1,5:1 y para parcelas con baja disponibilidad de potasio una proporción 1:3. Finalmente para aquellas parcelas con niveles muy altos de fósforo o de potasio se recomienda usar abonos simples de potasio o de fósforo respectivamente.

En el caso de suelos con niveles superiores a 80 ppm de P (Olsen) y K (acetato amónico) superior a 350 ppm, puede suspenderse temporalmente la fertilización con estos dos elementos.

### iii) Fertilización de origen orgánico

En el caso de aportaciones de fertilizantes de origen orgánico es interesante comparar la composición de diversos subproductos orgánicos para establecer sus equivalencias en N-P-K y materia orgánica (Tabla 3.3.3 y tabla 3.3.4)

Tabla 3.3.3.- Aportaciones de nutrientes de diferentes residuos orgánicos.

Fertilizante orgánico	Purín engorde	de Estiércol vaca	de Estiércol oveja	de Gallinaza
Mat. seca (%)	7,1	21	33	60
Mat. Orgánica (%)	65	58	48,5	65
Nitrógeno (N) (%)	8,8	2,66	2,2	3,4
Fósforo (P) (%)	2,19	1,7	0,65	1,7
Potasio (K) (%)	6,3	2,28	3,8	2,9
pH	8,6	8,1	8,3	8,2

Materia seca expresada en % sobre muestra fresca.

Materia orgánica, Nitrógeno, Fósforo y Potasio expresados en % sobre muestra seca.

pH en extracto 1:5 en estiércol de vaca, oveja y gallinaza. Medida directa en purín.



Tabla 3.3.4.- Aportación de nutrientes por 10 tn de producto fresco.

Fertilizante orgánico

	Purín de engorde (*)	de Estiércol vaca	de Estiércol oveja	de Gallinaza
kg M.O / 10t producto	400 - 500	1200 - 1500	1500 - 2000	3700 - 4200
kg N / 10t producto	55 - 75	50 - 60	65 - 85	190 - 210
kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / 10t producto	30 - 50	70 - 80	50 - 70	220 - 240
Kg K <sub>2</sub> O / 10t producto	45 - 65	60 - 70	140 - 160	200 - 220

(\*) En el caso del purín, son aportaciones para 10 m<sup>3</sup>.

Cabe destacar que:

- Aunque las aportaciones de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio son superiores en el purín en comparación al estiércol o a la gallinaza cuando los resultados se expresan sobre muestra seca a 105°C, 10 toneladas de estiércol o gallinaza aportan más materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio que 10 m<sup>3</sup> de purín (exceptuando la aportación de nitrógeno en purín y estiércol de vaca donde la diferencia es mínima). Este hecho es debido, principalmente, al elevado contenido de agua de los purines respecto al resto de fertilizantes orgánicos.
- El elevado contenido de agua del purín (valores bajos de materia seca) en relación con el resto de fertilizantes orgánicos estudiados hace que las dosis por ha de este tipo de material puedan ser superiores a las del estiércol y la gallinaza
- El elevado contenido de materia seca en el estiércol de oveja y gallinaza determinan que éstos aporten más materia orgánica y nutrientes que el purín y el estiércol de vaca por unidad de peso
- La importancia del estiércol y de la gallinaza como enmiendas orgánicas (elevada aportación de materia orgánica)
- Los niveles promedio de pH observados en todos y cada uno de los diferentes fertilizantes orgánicos estudiados son ligeramente básicos

Normativa legal sobre residuos orgánicos.

Ley 6/1993, del 15 de julio, reguladora de los residuos, en caso que los subproductos salgan fuera de la explotación agraria. Si se utilizan en el marco de la explotación agraria, quedan excluidos de esta normativa.

Real Decreto 261/1996, del 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias.



**LAF** LABORATORIO DE ANÁLISIS  
Y FERTILIDAD DE SUELOS

Ley 10/1998, del 21 de abril, de residuos.

Orden del 22 de octubre de 1998, del Código de buenas prácticas agrarias en relación con el nitrógeno (Cataluña)

Decreto 283/1998 del 21 de octubre de designación de las zonas vulnerables en relación con la contaminación de nitratos procedentes de fuentes agrícolas (Cataluña)

Ley 3/1998 de 27 de febrero de la Intervención Integral de la Administración Ambiental, y se adaptan sus anejos.

Decreto 205/2000 de 13 de junio de aprobación del programa de medidas agronómicas aplicables a las zonas vulnerables (Cataluña)

#### Recomendaciones agronómicas en el manejo de purines como fertilizantes de origen orgánico.

- ✓ Los purines pueden considerarse, a efectos prácticos, como un abono de origen orgánico, especialmente rico en nitrógeno y fósforo y de composición irregular. No obstante, es frecuente encontrar purines con una riqueza en potasio relativamente importante.
- ✓ Los purines se adaptan particularmente al abonado de los cultivos extensivos: maíz, cebada, trigo, como abonado de fondo y (menos utilizado) de cobertera. En general, puede aplicarse como abonado de fondo con incorporación posterior.
- ✓ Los incrementos de materia orgánica en el suelo producidos por un purín estándar en aportaciones normales no son significativos.
- ✓ La disponibilidad de purines en cultivos extensivos es una opción importante de reducción de costos de fertilización.
- ✓ El complemento con potasio es necesario muy a menudo, teniendo en cuenta los consumos del cultivo en este elemento.
- ✓ Una parte del nitrógeno que aporta el purín no se aprovecha por parte del cultivo. La estimación de la pérdida depende, especialmente, de las



- condiciones de aplicación. La incorporación del purín aplicado al suelo minimiza esta pérdida.
- ✓ Los macronutrientes NPK presentes en el purín son de efecto inmediato (abono de acción rápida).
  - ✓ El problema de los purines es, sobretodo, un problema de gestión y redistribución territorial.
  - ✓ El control de las aplicaciones de purines se debe efectuar mediante los análisis de suelos. La medida de los niveles de nitratos y fósforo disponible es el indicador más rápido respecto el manejo de purines en una parcela.

#### Criterios de aplicación de los residuos de origen ganadero: nitrógeno o fósforo.

El objetivo es adecuar a las necesidades de los cultivos, la aportación en nutrientes del residuo utilizado. Uno de los problemas a medio plazo es el desequilibrio existente entre las unidades fertilizantes N-P-K necesarias y las efectivamente aportadas. Generalmente las aportaciones de potasio suelen ser inferiores a las unidades aportadas de fósforo y nitrógeno. Por este motivo los criterios de selección de la dosis de residuo orgánico a aplicar se calculan básicamente a partir de las necesidades de nitrógeno y fósforo, según los siguientes criterios:

**Criterio nitrógeno:** Consiste en aportar al suelo las necesidades totales de nitrógeno con la aplicación de residuos orgánicos de origen ganadero. Este criterio implica aportar anualmente fósforo y potasio en forma mineral si no se han cubierto las necesidades en estos elementos. En ciertos cultivos, sin embargo, donde la extracción en fósforo es muy inferior a la de nitrógeno, puede producirse un aumento del contenido de fósforo en el suelo, motivo por el que deben efectuarse controles periódicos.

**Criterio fósforo:** Este criterio tiene como objetivo aportar anualmente las necesidades totales de fósforo con la aplicación de residuos orgánicos de origen ganadero. La principal ventaja es la sostenibilidad a largo plazo. Este criterio implicaría la necesidad de aportar anualmente nitrógeno y potasio en forma mineral. La fertilización en cereales de invierno, donde es necesaria la aplicación de coberteras a finales de invierno, no supone, a efectos prácticos, ningún inconveniente.

### 3.4.- NOTA SOBRE METALES PESADOS EN SUELOS

#### i) El problema de los metales pesados

Los metales pesados son esos elementos químicos que presentan densidades superiores a  $6 \text{ g/cm}^3$ . Son componentes naturales del medio ambiente que forman parte de las rocas de las que provienen los suelos. Por meteorización de estas, los metales pesados pasan al suelo en formas más o menos disponibles, y pueden ser absorbidos por las plantas. Se debe decir que cuando estos elementos se presentan en cantidades superiores a las normales (ya sea de forma natural o por la acción del hombre) en los suelos, aguas y atmósfera pueden llegar a ser peligrosas para los seres vivos en general.

Desde 1986 en la Unión Europea (Directiva 86/278/CEE) y desde 1990 en España (Real Decreto 1310/1990) está regulado el uso de algunos residuos (es el caso de lodos de depuradora) en agricultura. La razón fue el posible contenido de metales pesados de estos residuos que, con aplicaciones reiteradas en el suelo, pueden tener efectos nocivos sobre el hombre, la vegetación, los animales y los propios suelos receptores. El RD 1310/1990 indica cuáles son los valores límite de metales en los suelos por el que se podrían dar fenómenos de contaminación y toxicidad.

Tabla 3.4.1. Valor límite de metales pesados en el suelo (mg/kg de materia seca según el RD 1310/1990)

Metales pesados	Valores límite	Valores límite
	Suelos con pH < 7	Suelos con pH > 7
Cromo	100	150
Níquel	30	112
Plomo	50	300
Cobre	50	210
Zinc	150	450
Mercurio	1	1,5
Cadmio	1	3

Uno de los aspectos a destacar de la tabla anterior es la distinción del límite de metales pesados en el suelo en función del pH. Se comprueba como en un pH en el suelo inferior a 7, el límite de concentración de metales es inferior, ya que en principio, este pH implica una mayor solubilidad.



ii) Observaciones sobre los contenidos de metales pesados en suelos.

1.- Existe una estrecha relación entre el contenido en los suelos de diferentes metales, principalmente Ni, Zn y Cu. Este hecho es muy acusado en las zonas más agrarias del territorio, mientras que no se da en zonas con menos influencia (zonas forestales). Las razones que explican este hecho pueden ser aplicaciones de residuos orgánicos, de fertilizantes minerales o de productos fitosanitarios que contienen estos metales.

2.- Aunque existe un contenido total de metales pesados superior en los suelos donde ha habido influencia agrícola y ganadera, los valores son bastante inferiores a los umbrales contemplados en el RD 1310/1990. Por tanto, la aplicación de residuos orgánicos en estos suelos puede ser una alternativa interesante para la fertilización de los cultivos, siempre que se realicen los controles analíticos (del suelo y de los residuos) para evitar problemas en determinadas situaciones.

3.- Generalmente, el contenido total de metales pesados en suelos que provienen de materiales sedimentarios son inferiores a los suelos que provienen de materiales magmáticos o metamórficos.

iii) Aspectos ambientales relacionados con la aplicación de los purines en el suelo: acumulación de zinc y cobre en el suelo.

Con el incremento de aplicaciones de residuos de origen orgánico en los suelos agrícolas, se ha intensificado el estudio de sus repercusiones medioambientales en estos mismos suelos. Los principales casos de preocupación son los relacionados con la acumulación de materiales pesados en el suelo, la eutrofización de aguas superficiales por exceso de fósforo y nitratos en los sistemas agrícolas y la concentración de nitratos en tejidos vegetales de consumo humano y animal.

A parte de los problemas medioambientales que supone una sobrefertilización con fósforo y nitratos producidos por aportaciones excesivas de purín, se avisa de la posibilidad de aumentar la concentración de ciertos metales tóxicos en el suelo cuando estas aportaciones se efectúen de forma no controlada.

El zinc y el cobre, dos microelementos esenciales para el desarrollo de los cultivos, pueden ser fitotóxicos cuando superan una determinada concentración en el suelo. Ambos nutrientes se denominan o se clasifican como metales pesados o tóxicos.



En relación a los contenidos de zinc y cobre se observa la relación con el contenido de fósforo, elemento que presenta una larga durabilidad en el suelo y está estrechamente relacionado con la aplicación de fertilizantes y/o residuos ganaderos. Concentraciones elevadas de este nutriente obedecen principalmente a la aplicación de residuos ganaderos (purines, estiércol).

En la tabla 3.4.2 se adjuntan las concentraciones promedio de zinc y cobre para diferentes intervalos de fósforo en el suelo en un estudio realizado por LAF en 1999.

Tabla 3.4.2.- Valores promedio de zinc y cobre (extraíbles) en el suelo en función de la disponibilidad del fósforo (LAF, 1999)

Nivel de fósforo (ppm)	Concentración promedio		Interpretación del nivel promedio de zinc y cobre
	Cobre (ppm)	Zinc (ppm)	
< 12	3,6	1,6	Normal
12-40	4,6	2,6	Normal
40-80	5,7	5,6	Normal
80-125	9,5	21,9	Alto
> 125	15,5	36,1	Excesivo

Se ha obtenido una correlación entre el fósforo y el zinc de 0,73, entre el fósforo y el cobre de 0,5, y el zinc y el cobre de 0,60. Estas correlaciones evidencian la estrecha vinculación que existe entre la acumulación de fósforo y los metales pesados, zinc y cobre, en suelos receptores de purines.

Los resultados muestran como al aumentar el nivel de fósforo en el suelo aumenta también la concentración de zinc y cobre. Se observa, también, como a partir de niveles de fósforo en el suelo superiores a 80 ppm, las concentraciones de zinc y cobre se sitúan por encima de los valores considerados promedio. En el caso del zinc se alcanza un valor promedio excesivo a partir de un nivel de fósforo en el suelo superior a 125 ppm.

En niveles de fósforo inferiores a 12 ppm, las concentraciones de zinc y cobre se consideran las fracciones naturales del suelo según su mineralogía (3,6 ppm de cobre y 1,6 ppm de zinc).

El diagnóstico efectuado evidencia la relación entre el aumento de los niveles de fósforo en el suelo y el aumento de la concentración de zinc y cobre. La redistribución territorial de los residuos de origen ganadero es una solución práctica para evitar la acumulación de metales pesados en suelos agrícolas. La



capacidad máxima de aceptación de estiércoles y purines en el ámbito de parcela es, por definición, limitada.

### 3.5.- ENSAYOS PREVIOS RELEVANTES

Uno de los ensayos más interesantes sobre la aplicación de residuos orgánicos en alfalfa fue el desarrollado por Daliparthy J., Herbert S.J., y Veneman P.L.M., del Department of Plant and Soil Sciences de la Universidad de Massachussets.

El objetivo de este ensayo era la evaluación del impacto en suelos, aguas y cultivo, de diferentes dosis de estiércoles sobre alfalfa ya establecida.

Los suelos objeto de estudio fueron un suelo franco-arenoso, de origen aluvial y un suelo franco pedregoso. Sobre las parcelas con estos tipos de suelo se aplicaron dosis de 0, 112 y 336 kg/ha de nitrógeno total en su equivalente de estiércol. Asimismo se aplicaron dosis equivalentes de abonado mineral nitrogenado, en forma nitrato amónico.

Los resultados indicaron que no se produjeron aumentos en los contenidos de nitratos en el perfil en el caso de las aplicaciones más bajas de estiércoles. Sí se produjeron acumulaciones de nitratos en el caso de las dosis equivalentes a 336 kg/ha de nitrógeno. La aplicación de nitrógeno según las dosis más bajas y en forma de estiércol no produjo tampoco un incremento de la acumulación de nitratos en la solución del suelo.

En lo relativo a la producción de materia seca la aplicación de estiércol a dosis bajas no tuvo un efecto sobre la producción, ni sobre la acumulación de nitrógeno en el forraje ni sobre la acumulación de nitratos en el perfil del suelo. Sin embargo, las dosis más elevadas de estiércol tuvieron un efecto negativo en la producción.

El trabajo concluía que una recomendación de estiércol equivalente a 112 kg de nitrógeno en alfalfa ya establecida no afectaba a la producción.



## 4.- MATERIAL Y MÉTODOS

### 4.1.- SELECCIÓN DE LAS PARCELAS.

Los ensayos de respuesta a las aplicaciones de abonado mineral convencional y su alternativa de abonados orgánicos deben realizarse en suelos perfectamente tipificados.

La selección de ubicaciones no es un tema banal ya que, en gran parte, las características del suelo pueden influir tanto o más en la respuesta al ensayo que el ensayo en sí mismo. Al tratarse de un ensayo relacionado con la fertilización se ha trabajado en la localización de dos parcelas de suelos perfectamente diferenciados y caracterizados.

Principalmente se trata de operar en un suelo de baja fertilidad química y en otro de alta fertilidad química. Normalmente esta diferenciación se basa tanto en el manejo antrópico del suelo como de las propias características de la serie de suelos.

Las parcelas debían reunir, además de una perfecta diferenciación edafológica y una caracterización química específica, un manejo similar, para lo cual se acudió a una empresa de transformación de forrajes que mantuviese bajo sus criterios de manejo, los propios de la zona, a ambas parcelas.

En las condiciones en que se realiza el ensayo deben cumplirse los siguientes requisitos:

- teniendo en cuenta la duración del proyecto, estar sembrada de alfalfa recientemente (año 2000 primer año de cortes)
- ser de fácil acceso y localización
- disponer de un método preciso de control y seguimiento de tratamientos fitosanitarios, cosechas e incidencias de campaña
- parcelas en las cuales se garantice un seguimiento completo de las indicaciones que efectúe el equipo director del ensayo
- ser representativas de las zonas para las cuales interesa el proyecto
- disponer de niveles de nutrientes en suelo considerados como normales
- estar situadas sobre unidades de suelos representativas de los suelos productores de alfalfa
- utilizar métodos de riego habituales en la zona
- disponer de garantías de control de plagas y enfermedades
- disponer de garantías de seguimiento exhaustivo de los planes de corte y riego
- disponer del control de producción de las parcelas colindantes a las subparcelas estudiadas
- disponer de un aprovisionamiento de purines en las inmediaciones de las parcelas



- al considerar el planteamiento habitual de los contratos de arrendamiento de parcelas de alfalfa, garantizar la seguridad de que se mantendrán las condiciones del cultivo para el periodo de los ensayos considerados.

El cumplimiento riguroso de estas condiciones ha obligado a un proceso de selección riguroso y complejo con diversas visitas de campo a la zona y realización de observaciones y análisis de suelos para la selección de dos parcelas perfectamente incluidas en el programa de criterios diseñado.

Finalmente el ensayo se ha ubicado en dos parcelas de la sociedad "Deshidratadora de Alfalfa SAT 1039", sociedad que gestiona una extensa superficie de parcelas de alfalfa en el Valle del Ebro. Las parcelas se sitúan en los términos municipales de Alcolea de Cinca y Villanueva de Sigüenza, ambas en la provincia de Huesca.

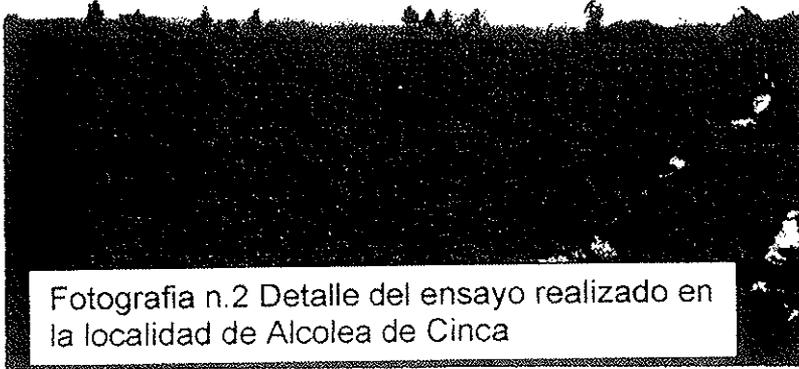


#### 4.2- DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS Y SUELOS DONDE SE LOCALIZAN LOS ENSAYOS

El ensayo se localiza en dos zonas diferenciadas según sus características de perfil de suelos e historia de manejo: suelos de la zona de antiguo regadío y suelos de la zona de nuevos regadíos

##### i) Suelos de la zona de antiguo regadío

La parcela representativa de estos suelos se sitúa en el regadío antiguo en el término municipal de Alcolea de Cinca (Huesca). Se trata de suelos ubicados en la posición fisiográfica de terrazas bajas, inmediatamente superior a la llanura de inundación del río Cinca. Son suelos profundos, de clase textural media franca, sin



Fotografía n.2 Detalle del ensayo realizado en la localidad de Alcolea de Cinca

elementos gruesos, de buen drenaje interno, niveles medio-altos de materia orgánica, básicos y no salinos. Los contenidos de nutrientes son moderadamente altos para el fósforo y normales para el potasio. El parcelario es de tamaño reducido, con subparcelas inferiores a 0.5 y 1 hectáreas. Se trata de suelos que, eventualmente han recibido algunos aportes orgánicos en forma sólida (estiércoles) o líquida (purines).



En el caso de los suelos estas zonas presentan una tipología diversa, en función de los factores formadores de cada zona. Sin embargo algunos trazos comunes son: la práctica ancestral de una agricultura de carácter intensivo, el riego a manta, una fertilidad de suelo "construida" históricamente y, en ciertas zonas, presencia de salinidad. Sus productividades son potencialmente altas si se manejan racionalmente los inputs necesarios y el potencial disponible.

Por carácter intensivo se entiende una acción, al menos histórica, de aportaciones de fitosanitarios y fertilizantes minerales y orgánicos. El riego a manta es una consecuencia de la antigüedad de estos regadíos y de su posición fisiográfica. Aunque presenta sus imperfecciones, este sistema de riego sigue dominante en la mayoría de regadíos antiguos y su progresiva sustitución por métodos de riego más modernos sigue un proceso muy lento en estas zonas. En relación a la fertilidad "construida" se entiende por este término el excedente de nutrientes acumulado históricamente en estos suelos, acompañado en ocasiones por niveles de materia orgánica relativamente elevados. Este fenómeno tiene importantes implicaciones a nivel de fertilización. Los excedentes generados si son muy cuantiosos pueden provocar contaminación de los propios suelos, de las capas freáticas y constituyen un dispendio inútil para el agricultor. Es de destacar también la pérdida de capacidad productiva en situaciones de desequilibrio nutricional y la propia pérdida de calidad.

## ii) Suelos de la zona de nuevos regadíos

La parcela representativa de los suelos de los nuevos regadíos se sitúa en el término municipal de Villanueva de Sigüenza.

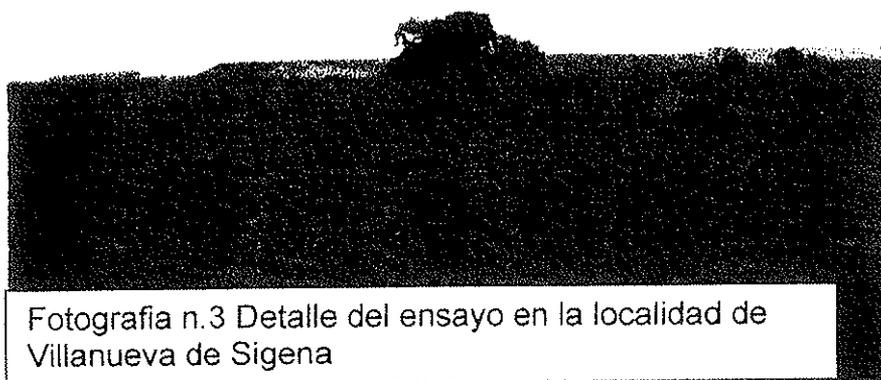
Se trata de una parcela situada sobre una formación Pliocuaternaria elevada sobre el conjunto de tierras erosionadas del terciario de las inmediaciones. Se trata de una zona en la que la irrigación se aplica desde hace escasas décadas, a partir de las aguas derivadas del río Cinca.

Los suelos son del orden de los inceptisoles con horizontes petrocálcicos o cálcicos en profundidad. El horizonte superficial presenta una clase textural media, franca, con abundante pedregosidad. El drenaje es rápido y la profundidad de suelos moderada. El contenido de nutrientes del suelo es moderado o normal bajo tanto por lo que se refiere a fósforo como a potasio. Estas parcelas se irrigan por aspersion o a manta, utilizando una moderna red de distribución de aguas de riego.



En el caso de la parcela en la cual se plantea el ensayo se trata de un conjunto de parcelas de forma rectangular-trapezoidal con riego a manta.

Los suelos de estas parcelas se fertilizan regularmente desde hace un periodo de tiempo inferior al de las parcelas de regadíos antiguos. No han constituido



Fotografía n.3 Detalle del ensayo en la localidad de Villanueva de Sigena

normalmente una fertilidad de aportación antrópica como las parcelas de los viejos regadíos y su fertilización es en principio de tipo exclusivamente mineral, a dosis fija.

El agua de riego utilizada en estas parcelas presenta una muy baja mineralización.

El potencial productivo de la zona es medio-alto y las características de manejo exigentes si se quieren alcanzar altas producciones.

iii) Descripción de las series de suelos de las zonas objeto de los ensayos

### Ensayo Sigena

Los suelos del ensayo SIGENA son moderadamente profundos, de textura moderadamente gruesa, bien drenados y con abundantes elementos gruesos de gravas calizas. Se desarrollan sobre sedimentos detríticos con gravas, en posiciones de plataforma pliocena, de pendiente muy suave. Son suelos no salinos. En superficie son suelos pedregosos.

La secuencia típica de horizontes es Ap-Bk-Bkm-2C. Estos suelos se clasifican como Xerochrept petrocálcico, esquelética franca, carbonática, mélica (SSS, 1975, 1992). Según FAO (1988) se clasifican como Calcisol pétrico.

El horizonte superficial tiene un grosor variable entre 20 y 25 cm, su color es pardo (10YR 4/4). Tiene una textura mediana (franca), un porcentaje de



materia orgánica medio (1,5%), un contenido carbonato cálcico equivalente moderadamente alto (30-40%) y un pH moderadamente básico (8.2). Presenta frecuentes gravas calizas.

Por debajo aparece el horizonte Bk, de 40-50 cm de espesor. Su color es pardo oscuro amarillento (10YR 4/6), tiene una textura moderadamente gruesa (franco-arenosa), el contenido en carbonato cálcico equivalente es muy alto (>40%) y el pH es moderadamente básico (8.4). Presenta abundantes gravas calizas. Las acumulaciones secundarias de carbonatos son en forma de cemento geopital en los elementos gruesos.

El horizonte petrocálcico aparece a partir de 65-75 cm. Consiste en un horizonte con abundantes gravas cementadas por carbonatos.

Los materiales oligocenos constituyen el substrato, formados por la alternancia de margas y areniscas.

### Ensayo Alcolea

Los suelos del ensayo ALCOLEA son muy profundos, de textura moderadamente gruesa o gruesa, bien drenados y con frecuentes o abundantes elementos gruesos de gravas calizas. Se desarrollan sobre sedimentos detríticos con gravas, en posiciones de terraza baja del río Cinca, de pendiente muy suave. Son suelos no salinos. En superficie son no pedregosos.

La secuencia típica de horizontes es Ap-Bw-C. Estos suelos se clasifican como Xerofluvent típico, franca gruesa, mezclada, mélica (SSS, 1975, 1992). Según FAO (1988) se clasifican como Fluvisol háplico.

El horizonte superficial tiene un grosor variable entre 30 y 35 cm, su color es pardo (10YR 4/4). Tiene una textura mediana (franca), un porcentaje de materia orgánica medio (1,7%), un contenido carbonato cálcico equivalente alto (30-40%) y un pH moderadamente básico (8.2). Presenta frecuentes gravas calizas.

Por debajo aparece un horizonte Bw, de 30-40 cm de espesor. Su color es pardo oscuro amarillento (10YR 4/6), tiene una textura moderadamente gruesa (franco-arenosa), el contenido en carbonato cálcico equivalente es moderadamente alto (20-30%) y el pH es moderadamente básico (8.4). Presenta frecuentes gravas calizas.



**LAF** LABORATORIO DE ANÁLISIS  
Y FERTILIDAD DE SUELOS

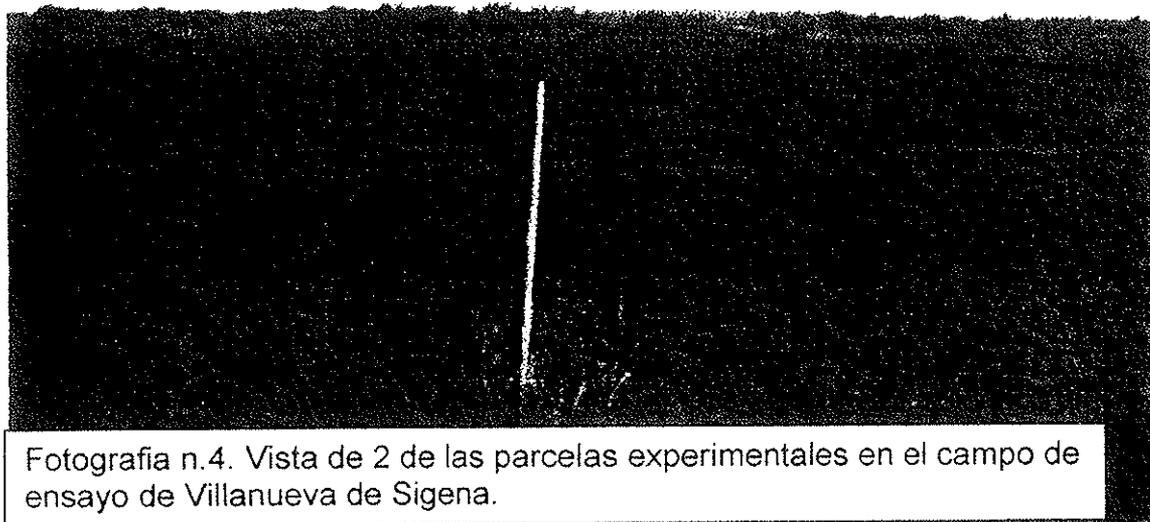
El horizonte C consiste en la alternancia de capas de gravas y arenas de diversos espesores y texturas gruesas (areno-franca) o moderadamente gruesas (franco-arenosas). Su potencia supera los 2 metros de profundidad.



### 4.3. - CARACTERÍSTICAS DE LOS ENSAYOS

#### 4.3.1.- Ensayo de Villanueva de Sigüenza

El ensayo se realiza en los suelos denominados de Saso. Estos suelos se caracterizan por estar presentes en zonas elevadas del paisaje. De drenaje medio a rápido, con texturas medias y pedregosidad moderada. La parcela se dispone en forma de cinco bancales de entre 24 y 28 metros de anchura. Los distintos bancales son homogéneos. El sistema de riego es por gravedad. El agua de riego procede del embalse de El Grado. Estas son aguas procedentes de los Pirineos y se caracterizan por estar exentas de sales.



Fotografía n.4. Vista de 2 de las parcelas experimentales en el campo de ensayo de Villanueva de Sigüenza.

Un primer análisis de suelo realizado durante el mes de julio de 2000 nos permite apreciar el nivel de fertilidad química. El nivel de fósforo extraíble por el método Olsen es de 16 ppm y el nivel de potasio extraíble con acetato amónico es de 111 ppm. Ambos niveles se consideran bajos. En principio son previsibles respuestas a la aplicación de nutrientes.

Las aportaciones de purines y abonado mineral se han efectuado en el otoño del año 2000 y en el otoño del año 2001, una vez completamente finalizada la campaña de recolección

#### Tratamiento año 2000

T0: Testigo

T25: Aplicación de una dosis equivalente a 25m<sup>3</sup>/ha de purín.

T50: Aplicación de una dosis equivalente a 50m<sup>3</sup>/ha de purín.



**LAF** LABORATORIO DE ANÁLISIS  
Y FERTILIDAD DE SUELOS

TPK: Aplicación de fertilizante mineral a una dosis equivalente de 75 UF/ha de fósforo y 150 UF/Ha de potasio.

#### Tratamiento año 2001

T0: Testigo

T25: Aplicación de una dosis equivalente a 25m<sup>3</sup>/ha de purín.

T50: Aplicación de una dosis equivalente a 50m<sup>3</sup>/ha de purín.

TPK: Aplicación de fertilizantes de origen mineral, con un valor fertilizante similar al del año anterior

Las dosis T25, T50 y TPK son equivalentes a las del año 2000

#### Repeticiones:

Cada tratamiento se aplica en la parcela por triplicado, de esta forma se han podido realizar los tratamientos estadísticos para poder inferir resultados de forma fiable.

#### Distribución del ensayo:

Los cuatro tratamientos con sus tres repeticiones suponen doce aplicaciones. La parcela se dividió en nueve sectores en forma de franjas de entre 12 y 14 metros de ancho y una longitud que oscila entre 109 y 155 metros de largo. Tres de los sectores se dividieron por la mitad para compartir el testigo con la aplicación de fertilizantes minerales. De esta forma el total de sectores ha sido de doce.

La parcela objeto de ensayo se encuentra abancalada, presentando una uniformidad de suelos constante. Los cuatro primeros bancales se subdividen en dos sectores cada uno y en el último se ubica el sector nueve. Los sectores uno, cinco y ocho se subdividen a su vez para disponer de las doce distintas zonas de aplicación.

La asignación de los distintos tratamientos en la parcela se realizó al azar.

#### Análisis de suelo:

El análisis de suelo se realiza en cada zona de aplicación de cada tratamiento.



Control de la fertilidad del suelo: Análisis del nivel de fósforo, potasio y magnesio.

Control de microelementos: Hierro, manganeso y boro.

Control de metales pesados: Análisis del nivel de zinc y cobre extraíble.

#### Análisis de planta:

Control de macroelementos: Nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre.

Control de microelementos: Hierro, manganeso y boro.

Control de salinidad: Sodio

Control de metales pesados: Zinc y cobre.

El análisis de planta permite conocer si los nutrientes del suelo son realmente asimilados. La absorción puede ser interferida por un mal estado del suelo o del cultivo. El contenido en nutrientes de la alfalfa depende del estado nutricional del suelo, interacciones entre nutrientes, época del año, estadio de desarrollo, edad de instauración, la estructura, compacidad, presencia de malas hierbas, sistema de riego, plagas etc.

#### 4.3.2.- Ensayo Alcolea de Cinca

El ensayo se realiza en suelos de origen fluvéntico próximos al río Cinca. Estos suelos se caracterizan por posicionarse en fondos de valle o vaguadas. Tal como nos muestra su origen fluvéntico estos suelos se originan por deposición de materiales finos (limos y arcillas) procedentes de la erosión de suelos aguas arriba. Generalmente poseen contenidos apreciables de materia orgánica en todo el perfil explotable por el sistema radicular del cultivo (>1.5m). De drenaje moderado a medio, con texturas de medias a finas y escasa pedregosidad. La parcela se dispone en forma plana. El sistema de riego es por gravedad. El agua de riego procede del río Cinca. Estas son aguas procedentes de los Pirineos y se caracterizan por estar exentas de sales.



**LAF** LABORATORIO DE ANÁLISIS  
Y FERTILIDAD DE SUELOS



Fotografía n.5 Vista del ensayo en Alcolea de Cinca.

Un primer análisis de suelo realizado durante el mes de julio de 2000 nos permite apreciar el nivel de fertilidad química. El nivel de fósforo extraíble por el método Olsen es de 41 ppm y el nivel de potasio extraíble con acetato amónico es de 203 ppm. Ambos niveles se consideran medios y cabe esperar nula o escasa respuesta a la aplicación de fertilizantes. Dicha respuesta deberá acentuarse durante los tres años de duración del ensayo.

Las aportaciones de purines y abonado mineral se han efectuado en el otoño del año 2000 y en el otoño del año 2001, una vez completamente finalizada la campaña de recolección

#### Tratamiento año 2000

T0: Testigo

T25: Aplicación de una dosis equivalente a 25m<sup>3</sup>/ha de purín.

T50: Aplicación de una dosis equivalente a 50m<sup>3</sup>/ha de purín.

TPK: Aplicación de fertilizante mineral a una dosis equivalente de 75 UF/ha de fósforo y 150 UF/Ha de potasio.

#### Tratamiento año 2001

T0: Testigo

T25: Aplicación de una dosis equivalente a 25m<sup>3</sup>/ha de purín.

T50: Aplicación de una dosis equivalente a 50m<sup>3</sup>/ha de purín.



**LAF** LABORATORIO DE ANÁLISIS  
Y FERTILIDAD DE SUELOS

TPK: Aplicación de fertilizantes de origen mineral, con un valor fertilizante similar a las del año anterior.

Las dosis T25, T50 y TPK son equivalentes a las del año 2000

#### Repeticiones:

Cada tratamiento se aplica en la parcela por triplicado.

#### Distribución del ensayo:

Los cuatro tratamientos con sus tres repeticiones suponen doce aplicaciones. La parcela se divide en nueve sectores en forma de franjas de 12 metros de ancho y una longitud de 100 metros. Tres de los sectores se dividen por la mitad para compartir el testigo con la aplicación de fertilizantes minerales. De esta forma el total de sectores resulta en doce.

La asignación de los distintos tratamientos en la parcela se realiza al azar.

#### Análisis de suelo y planta

Se utiliza el mismo esquema que en el ensayo de Sigena





#### 4.4.- METODOS DE ANALISIS

El procedimiento aplicado según los métodos oficiales de análisis se basa en los siguientes procedimientos analíticos:

Suelos:

- Nitratos. Espectrofotometría UV-VIS. Se utiliza un autoanalizador en flujo continuo. El método se basa en la extracción de los nitratos del suelo con agua desionizada
- Fósforo. Método Olsen. Se basa en extracción del fósforo soluble en bicarbonato sódico y la realización de espectrofotometría en UV-VIS
- Potasio y magnesio cambiables. Consiste en la extracción del potasio soluble y cambiante del suelo con una solución 1 n de acetato amónico. El contenido del extracto se determina por espectrometría de absorción atómica

Con el objetivo de facilitar el ensayo en cuanto al conocimiento de las características del suelo, en particular, se ha procedido a la realización de las extracciones de suelos con bicarbonato amónico-ácido dietienetriaminapentaacético o AB-DTPA. Este método se ha ensayado en diversos laboratorios y presenta una serie de ventajas que deberán contrastarse en este proyecto. El objetivo es facilitar una mayor información de suelos en una única extracción que abarca a la mayoría de macro y micronutrientes del suelo (los procedimientos de análisis de hojas están ya lo suficientemente simplificados)

El método consiste en lo siguiente:

- preparación del extractante AB-DTPA
- extracción de nutrientes (macro, micro y metales pesados) de un peso de suelo previa aportación de un volumen de extractante, agitación y filtrado
- análisis del extracto por espectrofotometría de emisión por plasma (ICP)

El extracto presenta un potencial de extracción importante para los siguientes elementos: nitratos, fósforo, potasio, boro, zinc, hierro, cobre zinc y manganeso. Se observa que se garantiza una cobertura de los macronutrientes básicos así como de los micronutrientes que, por exceso principalmente, pueden afectar a los suelos y plantas de un ensayo de fertilización en base a residuos orgánicos.

En el caso del zinc y del cobre: se trata de microelementos metales pesados claves en un ensayo de fertilizantes orgánicos. El extractante AB-DTPA presenta, según bibliografía un comportamiento equiparable al del extractante EDTA más habitualmente utilizado.



Hojas:

- macro y microelementos (excepto el nitrógeno).- Se procede a una digestión ácida en microondas o digestión vía seca en horno mufla. La solución obtenida se analiza por espectrofotometría de emisión por plasma.
- Determinación del nitrógeno orgánico.- La muestra se digiere con ácido sulfúrico y otras sustancias que facilitan la transformación del nitrógeno en el ion amonio, destilación de éste en medio álcali y posterior valoración. (Método Kjeldahl)

Otras observaciones respecto a la metodología

Los trabajos de señalización de parcelas y controles preliminares se efectuaron al finalizar la campaña agrícola del año 2000. Asimismo se procedió a un control exhaustivo de los suelos de las subparcelas sobre las que se debían realizarse los ensayos. En la fase de caracterización el muestreo de suelos se realizó hasta una profundidad de 80 cm (caso del ensayo en Alcolea) y hasta el horizonte petrocálcico (caso del ensayo en Villanueva de Sigena)

En el transcurso de la campaña 2001 se efectuó un control de producción y analítico de cada uno de los cortes, procedimiento que fue repetido en la campaña 2002.

Los primeros cortes se efectuaron en el mes de abril. Los últimos cortes en el mes de octubre de ambas campañas.



## 5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se utiliza la abreviatura V para el ensayo de Villanueva de Sigüenza y A para el ensayo de Alcolea.

### 5.1.- ESTADO INICIAL DE LAS PARCELAS (OTOÑO 2000)

#### Ensayo Alcolea

Parcela en buen estado de producción.

Número medio de plantas:  $104 \pm 13$  plantas/m<sup>2</sup>.

Biomasa inicial de la alfalfa:  $907 \pm 189$  kg/ha.

Proporción de alfalfa:  $83,2 \pm 10,9$  %

Proporción de malas hierbas:  $4,5 \pm 6,7$  %

Proporción de necromasa:  $12,2 \pm 6,6$  %

Malas hierbas más abundantes: *Rumex* y *Plantago lanceolata*.

#### Ensayo Sigüenza

Parcela en buen estado de producción.

Número medio de plantas:  $285 \pm 68$  plantas/m<sup>2</sup>.

Biomasa inicial de la alfalfa:  $995 \pm 328$  kg/ha.

Proporción de alfalfa:  $51,8 \pm 19,6$  %

Proporción de malas hierbas:  $9,8 \pm 12,6$  %

Proporción de necromasa:  $38,4 \pm 13,6$  %

Malas hierbas más abundantes: *Rumex* y *Plantago lanceolata*.



## 5.2.- OBSERVACIONES GENERALES Y APORTACIONES DE NUTRIENTES DEL RESIDUO GANADERO

### 5.2.1.- Observaciones generales

La climatología del año ha sido especialmente húmeda en el periodo comprendido entre octubre 2000 y octubre 2002.

En la parcela de ensayo localizada en la zona de Alcolea de Cinca, sobre suelos aluviales y de parcelario denso, el estado de humedad del suelo ha sido normalmente alto. La toma de muestras de suelo se ha efectuado sin problemas de penetrabilidad, en general. Aparece una importante presencia de malas hierbas.



Fotograf. N.6 Vista del campo de experimentación (A)

En el caso de la parcela de ensayo localizada en la zona de Villanueva de Sigena el estado de humedad ha sido alto. La toma de muestras de suelo se

ha efectuado con algún problema de penetrabilidad. Especialmente en la campaña 2001 aparece una importante plaga de roedores que producen numerosos agujeros en las parcelas de control.



Fotograf. N.7 Vista del campo de experimentación (V)

De forma previa a cada corte se han obtenido muestras representativas de alfalfa para control de la composición mineral y nutricional. También se ha procedido al conteo de plantas de alfalfa, necromasa y

malas hierbas.



### 5.2.2.- Aportaciones de nutrientes de los purines aplicados

En el momento de las aplicaciones de purines se procedió a la toma de muestras del residuo para proceder a la valoración de su carga nutricional (Resultados analíticos en anejo 1). Los purines han procedido de la misma instalación ganadera. Se trata de un purín relativamente estándar, con un 4.7% de materia seca, un 8.7% de nitrógeno orgánico sobre materia seca (sms), 2.3% de fósforo (P) (sms) y un 5.5% de potasio (K) (sms) en la aportación de la campaña 2000-2001. En el caso de la campaña 2001-2002 el purín presenta un 6,1% de m.s. un 5,59% de nitrógeno orgánico, un 2,25% de fósforo (P) y un 7,63% potasio (K).

Los contenidos nutricionales en cada campaña y según dosis se reflejan en la tabla 5.2.2.

Tabla 5.2.2.- Aportaciones de nutrientes en cada campaña según dosis y composición del residuo.

Aportaciones	Dosis m3/ha	2000-2001(*)	2001-2002 (**)	Total
N	25	102	85	187
N	50	204	170	374
P2O5	25	62	79	141
P2O5	50	124	158	282
K2O	25	78	140	218
K2O	50	156	280	436

\* Muestra de purín 709310

\*\*Muestra de purín 705639

Los datos de la tabla indican una importante riqueza nutricional, especialmente considerando las aportaciones de 50 m3/ha y año.

En el caso del nitrógeno la aportación máxima se sitúa en el caso de la aportación de la campaña 2000-2001, en la que se alcanza el límite de aportación nitrogenada con fertilizantes de origen orgánico en zonas vulnerables.

Respecto al fósforo, expresado en forma de anhídrido fosfórico, la aportación es casualmente idéntica en ambas campañas (combinación de riqueza del residuo y de su contenido en materia seca). En principio se trata de una aportación muy modestas para un suelo de contenido medio. En caso de altas producciones se produciría una merma del contenido de fósforo del suelo.

En el caso del potasio, la riqueza del purín en este elemento es considerable. En principio la dosis de 50 m3/ha podría satisfacer las necesidades de este



**LAF** LABORATORIO DE ANÁLISIS  
Y FERTILIDAD DE SUELOS

nutriente en caso de un suelo de riqueza media y producciones no muy altas.  
La dosis de 25 m<sup>3</sup>/ha debería ser normalmente insuficiente para este cultivo.



5.3.- RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE SUELOS EN LA CAMPAÑA 2001

Tabla n.5.3.1 Resultados de los niveles de nutrientes en el suelo. Campaña 2001.

Ref. Análisis	Ref. Muestra	K	P	Zn	Fe	Mn	Cu	B	Na	Mg	N
161781	CR1 0/3/1	177	14	3	21	2	6	0.045	172	115	
161782	CR1 0/5/1	122	15	3	32	2	6	0.036	172	134	
161783	CR1 0/ 8/1	153	15	3	31	2	5	0.037	175	134	
161784	CR1D25/1/1	141	19	4	25	2	6	0.07	169	128	
161785	CR1D25/4/1	133	16	4	35	3	6	0.032	173	129	
161786	CR1D25/9/1	185	15	18	36	4	6	0.053	173	122	
161787	CR1D50/2/1	131	19	4	28	3	6	0.025	183	121	
161788	CR1D50/6/1	121	14	3	31	3	6	0.022	193	129	
161789	CR1S50/7/1	129	13	4	33	3	6	0.056	202	133	
161790	CR1PK 3/1	177	16	3	29	3	6	0.033	145	110	
161791	CR1PK 5/1	140	17	3	30	2	5	0.026	152	130	
161792	CR1PK 8/1	149	22	4	36	4	7	0.031	198	141	
161793	CR2 0/ 3/1	221	29	4	34	6	8	0.037	132	119	
161794	CR2 0/ 5/1	146	21	5	41	4	7	0.02	141	134	
161795	CR2 0/ 8/1	183	27	7	39	5	7	0.032	153	137	
161796	CR2D25/1/1	182	37	6	31	5	7	0.032	144	128	
161797	CR2D25/4/1	152	23	5	43	5	7	0.018	156	134	
161798	CR2D25/9/1	245	27	21	44	5	8	0.059	197	127	
161799	CR2D50/2/1	181	26	5	28	4	7	0.028	138	122	
161800	CR2D50/6/1	147	21	5	34	4	6	0.026	164	133	
161801	CR2D50/7/1	154	26	6	36	5	7	0.03	176	136	
161802	CR2PK 3/1	243	27	5	34	6	8	0.034	136	117	
161803	CR2PK 5/1	174	35	7	39	5	7	0.033	149	135	
161804	CR2PK 8/1	163	22	7	39	5	7	0.033	181	139	
161805	CD0-3/0-25	178	15	3	29	3	6	0.031	114	107	
161806	CD0-3/25-50	79	4	1	21	2	4	0.015	222	112	
161807	CD0-3/50-75	59	2	1	15	2	4	0.001	238	109	
161808	CD25-1/0-25	101	7	3	30	3	5	0.017	153	113	
161809	CD25-1/25-50	58	2	1	18	2	4	0.017	279	113	
161810	CD25-1/50-75	57	1	0	12	2	4	0.013	305	121	
161811	CD50-6/0-25	149	13	5	39	5	6	0.023	169	126	
161812	CD50-6/25-50	63	3	1	22	2	4	0.007	218	115	
161813	CD50-6/50-75	58	1	0	13	1	4	0	219	118	
161814	CDPK-5/0-25	103	10	3	32	4	5	0.013	159	130	
161815	CDPK-5/25-50	52	1	0	12	2	3	0	221	127	
161817	S1 D0	148	7	15	13	6	1	0.004	32	53	
161818	S1 PK	132	9	13	11	6	1	0	26	49	
161819	S2 D25	140	13	1	13	6	2	0.013	27	35	



**LAF** LABORATORIO DE ANÁLISIS  
Y FERTILIDAD DE SUELOS

Ref. Análisis	Ref. Muestra	K	P	Zn	Fe	Mn	Cu	B	Na	Mg	N
161820	S3 D50	121	5	2	13	6	1	0	39	58	
161821	S4 D25	63	6	2	32	7	1	0.028	146	77	
161822	S5 D0	94	3	1	20	4	1	0.001	63	68	
161823	S5 PK	127	10	14	18	8	3	0.007	66	75	
161824	S6 D50	81	5	3	25	5	2	0.011	70	69	
161825	S7 D50	97	3	2	22	6	1	0.005	76	68	
161826	S8 D0	67	3	21	24	6	1	0.03	206	70	
161827	S8 DPK	101	5	2	32	6	1	0.062	154	65	
161828	S9 D25	68	4	3	28	5	1	0.066	172	88	
161829	SD50-3/50	68	3	3	12	4	1	0.044	50	54	
161829	SD50-3/50	68	3	3	12	4	1	0.044	50	54	
163845	ALC/1/D25	119	24	6	31	5	7	0.021	96	110	11
163846	ALC/2/D50	140	32	6	38	6	8	0.022	89	111	14
163847	ALC/3/DPK	140	25	5	30	5	7	0.029	92	103	13
163848	ALC/3/D0	177	23	5	32	5	7	0.03	91	99	13
163849	ALC/4/D25	115	20	4	41	5	6	0.017	88	112	10
163850	ALC/5/D0	125	30	5	41	5	6	0.023	99	116	12
163851	ALC/5/DPK	109	26	5	44	6	7	0.02	91	118	11
163852	ALC/6/D50	118	23	4	34	5	6	0.021	90	115	14
163853	ALC/7/D50	118	22	5	36	5	6	0.021	105	114	11
163854	ALC/8/D0	141	22	5	42	6	7	0.03	110	119	12
163855	ACL/8/DPK	141	31	6	43	5	7	0.033	96	119	16
163856	ACL/9/D25	174	35	6	51	7	7	0.038	105	112	12
163857	SIG/1/D0	97	5	2	12	6	1	0	22	49	6
163858	SIG/1/DPK	153	25	2	10	6	1	0	22	47	14
163859	SIG/2/D25	110	13	2	13	6	2	0.232	36	42	20
163860	SIG/3/D50	137	12	2	13	6	2	0.201	45	63	25
163861	SIG/4/D25	69	9	2	17	5	1	0.034	89	65	9
163862	SIG/5/DPK	82	7	1	12	4	1	1.529	65	56	7
163863	SIG/5/D0	111	18	5	33	5	5	0.023	75	92	11
163864	SIG/6/D50	79	6	2	27	6	1	0.024	76	61	22
163865	SIG/7/D50	87	6	2	20	5	1	0.021	66	62	15
163866	SIG/8/D0	57	3	1	22	4	1	0.017	78	62	4
163867	SIG/8/DPK	68	6	1	30	6	1	0.057	109	60	5
163868	SIG/9/D25	53	4	1	20	4	1	0.115	157	78	8



### Notas a los resultados de la campaña 2001

En el caso del fósforo la media del contenido de fósforo en suelo es de 28 ppm en el ensayo A y de 13 ppm en el ensayo V.

En el caso de V la media de los contenidos de cada tratamiento es la siguiente (en el caso del fósforo):

D0: 7 ppm

PK: 18 ppm

D25: 14 ppm

D50: 15 ppm

Se observa la acumulación de fósforo producida por cualquiera de las aportaciones sea mineral u orgánica. En el caso de A las diferencias entre tratamientos son inferiores a la propia variabilidad del suelo. Se trata de entrada, de un suelo particularmente enriquecido en este nutriente.

En relación al potasio no se observan diferencias en los contenidos en suelo.

El cuanto al zinc se observan diferencias entre localizaciones. En el ensayo de A no se observan diferencias. En el ensayo V tampoco si bien es interesante observar que:

D0: 2 ppm

PK: 1.67 ppm

D25: 2.7 ppm

D50: 3.4 ppm

Existe, por tanto, una muy ligera tendencia a la acumulación que habrá que seguir en series más largas en el tiempo

El cobre presenta diferencias entre emplazamientos pero no en el interior de los tratamientos. En el caso de A, D0=PK=D25=D50= 6 ppm

En el ensayo V, D0= 1.6 ppm, PK=1.3 ppm, D25=1.7 ppm y D50= 1.9 ppm.



5.4.-RESULTADOS ANÁLISIS DE PLANTA CAMPAÑA 2001

Tabla 5.4.1 Análisis foliares en Villanueva de Sigena. Año 2001.

Ref. Análisis	Ref. muestra	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	Cu	Fe	Na	B
319103	V-1(0)-1	3,0	0,2	1,1	1,7	0,3	0,2	18	16	8	131	738	25
319104	V-1(0)-2	2,9	0,2	1,1	2,3	0,3	0,2	17	14	9	121	1312	30
319105	V-1(0)-3	2,9	0,2	1,1	2,5	0,3	0,2	22	17	9	133	1394	37
319106	V-1(0)-4	3,4	0,2	1,0	2,2	0,3	0,2	21	13	9	140	2406	38
319107	V-1(PK)-1	3,0	0,2	1,4	2,1	0,3	0,2	19	12	9	128	2521	39
319108	V-1(PK)-2	3,1	0,2	1,4	1,9	0,2	0,2	16	10	9	106	1000	30
319109	V-1(PK)-3	3,2	0,2	1,5	2,0	0,3	0,2	17	14	8	95	1017	32
319110	V-1(PK)-4	2,9	0,2	1,5	1,9	0,3	0,2	22	10	9	112	1155	27
319111	V-2-1	2,9	0,2	1,1	2,0	0,3	0,2	21	14	9	141	3005	36
319112	V-2-2	2,6	0,2	1,2	1,9	0,3	0,2	21	15	9	207	1224	34
319113	V-2-3-150 VERD	3,0	0,2	1,4	2,0	0,3	0,2	20	18	9	132	686	43
319114	V-2-4	2,7	0,2	1,2	1,7	0,2	0,2	17	15	9	182	1161	31
319115	V-3-1-150 VERD	2,8	0,2	1,4	2,0	0,3	0,2	25	17	11	200	4950	36
319116	V-3-2	2,8	0,2	1,6	2,4	0,3	0,2	30	20	12	380	7079	42
319117	V-3-3	3,1	0,2	1,5	1,9	0,3	0,2	21	16	10	159	3633	41
319118	V-3-4	3,1	0,2	1,6	1,9	0,3	0,2	18	17	11	108	5868	39
319119	V-4-1	2,9	0,2	1,2	2,1	0,3	0,2	21	15	11	178	5260	39
319120	V-4-2-150 VERD	3,0	0,2	1,3	2,2	0,3	0,3	23	18	11	110	9532	47
319121	V-4-3	3,1	0,2	1,6	2,2	0,3	0,3	26	19	13	211	11724	47
319122	V-4-4	2,8	0,3	1,4	1,9	0,3	0,4	27	19	13	288	17292	47
319123	V-5(0)-1	2,9	0,1	1,2	1,6	0,2	0,2	22	14	9	84	3619	38
319124	V-5(0)-2	3,0	0,1	1,0	1,7	0,3	0,2	20	12	8	87	4058	42
319125	V-5(0)-3	2,2	0,2	1,1	1,6	0,3	0,3	22	14	8	90	9866	40
319126	V-5(0)-4.150 VE	2,8	0,2	1,1	2,0	0,3	0,3	18	15	9	88	6453	41
319127	V-5(PK)- 1.150 V	3,1	0,2	1,5	2,0	0,3	0,3	26	14	8	115	8005	42
319128	V-5(PK)-2	2,7	0,2	1,3	1,7	0,3	0,2	19	13	7	53	2093	38
319129	V-5(PK)-3	3,3	0,2	1,2	1,8	0,3	0,2	21	10	8	74	2507	37
319130	V-5(PK)-4	2,8	0,2	1,4	1,6	0,3	0,2	19	11	8	50	3810	38
319131	V-6-1	2,9	0,2	1,0	1,6	0,2	0,2	17	13	8	61	2854	34
319132	V-6-2 150	2,8	0,2	1,4	1,6	0,3	0,2	19	10	8	61	3765	37



Ref. Análisis	Ref. muestra	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	Cu	Fe	Na	B
319133	V-6-3	2,5	0,2	1,3	1,6	0,3	0,4	16	18	14	76	15214	40
319134	V-6-4	2,6	0,2	1,1	1,3	0,2	0,2	15	13	9	53	9043	34
319135	V-7-1	2,9	0,1	0,8	1,1	0,1	0,1	12	8	5	41	2027	21
319136	V-7-2 150	3,2	0,2	1,5	1,7	0,2	0,2	18	17	9	49	2485	36
319137	V-7-3	3,0	0,2	1,2	1,9	0,2	0,2	22	18	9	97	5153	40
319138	V-7-4	3,0	0,2	1,2	1,8	0,3	0,3	23	16	9	136	6620	40
319139	V-8(0)-1	2,7	0,2	1,4	1,6	0,3	0,3	26	15	9	90	11400	41
319140	V-8(0)-2	2,5	0,1	1,2	1,7	0,3	0,2	22	13	8	92	5480	40
319141	V-8(0)-3	2,4	0,1	1,1	1,7	0,3	0,2	20	13	9	62	6329	40
319142	V-8(0)-4	2,7	0,2	1,1	1,7	0,3	0,2	17	54	8	75	6385	36
319143	V-8(PK)-2	3,1	0,2	1,1	1,9	0,3	0,2	18	12	9	53	5111	45
319144	V-8(PK)-3	3,0	0,2	1,3	1,5	0,3	0,2	17	12	9	54	7478	41
319145	V-8(PK)-4	3,3	0,2	1,2	1,7	0,2	0,2	17	13	6	74	3190	41
319146	V-9-1	2,8	0,2	1,5	1,6	0,3	0,3	21	16	9	71	14032	42
319147	V-9-2	2,9	0,2	1,1	1,8	0,3	0,2	21	14	8	63	6880	42
319148	V-9-3	3,0	0,2	1,1	1,9	0,3	0,3	19	14	9	70	8666	42
319149	V-9-4	3,1	0,2	1,2	1,7	0,3	0,3	19	16	10	66	10422	43
319152	V-8(PK)-1	3,9	0,2	1,4	1,5	0,2	0,2	19	14	8	89	5429	34
320552	V-4-3	3,0	0,2	1,2	2,0	0,3	0,3	22	18	8	171	4743	38
320553	V-9-3	2,8	0,2	0,9	1,9	0,3	0,3	22	15	6	82	4587	40
320554	V-7-4	2,8	0,1	0,8	2,3	0,3	0,3	21	17	7	119	3413	40
320555	V-4-1	2,9	0,2	0,9	2,2	0,3	0,3	23	18	7	226	4238	34
320556	V-3-2	3,1	0,2	1,1	2,6	0,3	0,3	23	17	7	130	3248	41
320557	V-8(PK)-1	2,7	0,2	0,9	2,3	0,3	0,3	27	15	7	305	6165	40
320558	V-3-3	3,0	0,2	1,4	2,2	0,3	0,3	22	17	8	143	4352	42
320559	V-2-3	3,3	0,2	1,2	2,4	0,3	0,3	20	17	7	106	1516	38
320560	V-4-4	2,5	0,2	1,2	2,4	0,3	0,4	26	19	9	363	11743	41
320561	V-5(0)-1	2,8	0,2	1,0	2,4	0,3	0,2	28	12	6	207	3289	42
320562	V-6-3	2,8	0,2	0,8	2,5	0,3	0,3	32	17	7	278	3541	43
320563	V-8(0)-2	2,6	0,1	1,0	2,4	0,3	0,3	33	17	7	282	5943	47
320564	V-8(0)-1	2,5	0,1	1,0	2,8	0,3	0,3	46	17	7	864	4150	48
320565	V-8(PK)-3	2,9	0,1	0,8	2,5	0,3	0,3	20	14	7	244	5043	41
320566	V-9-5	2,7	0,1	0,8	2,2	0,3	0,3	20	16	8	157	4692	43
320567	V-9-4	2,8	0,2	0,9	2,0	0,4	0,3	22	19	8	142	6061	44
320568	V-7-6	2,8	0,1	0,8	2,1	0,2	0,2	21	14	6	174	3350	40
320569	V-2-1	2,9	0,2	0,8	2,3	0,3	0,3	29	16	7	435	2180	35
320570	V-6-6	2,7	0,2	0,8	2,3	0,3	0,3	25	16	7	344	3821	45
320571	V-3-4	3,2	0,2	1,2	2,1	0,3	0,3	20	17	7	137	1917	39



**LAF** LABORATORIO DE ANÁLISIS  
Y FERTILIDAD DE SUELOS

Ref. Análisis	Ref. muestra	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	Cu	Fe	Na	B
320572	V-5(0)-3	2,8	0,2	0,9	2,1	0,3	0,2	21	14	6	128	3541	40
320573	V-7-2	2,7	0,2	1,0	2,3	0,3	0,3	22	15	7	99	2205	38
320574	V-1(PK)-3	3,0	0,2	1,0	2,3	0,3	0,2	15	12	6	68	918	32
320575	V-1(0)-3	3,0	0,2	1,0	2,8	0,3	0,3	18	16	6	104	1300	33
320576	V-1(PK)-2	3,1	0,2	1,1	2,4	0,3	0,3	17	13	6	119	1085	29
320577	V-1(8)-2	3,2	0,1	0,5	1,5	0,2	0,2	11	10	4	59	1290	24
320578	V-5(PK)-2	2,4	0,2	1,1	2,3	0,3	0,2	21	11	6	68	2	36
320579	V-5(PK)-3	2,7	0,2	1,1	2,5	0,3	0,2	21	13	5	100	2627	40
320580	V-6-2	2,4	0,1	0,9	2,3	0,3	0,3	19	13	6	65	3285	37
320581	V-2-2	3,8	0,3	1,4	2,4	0,3	0,3	20	18	3	85	865	39
600846	V1/1/2	2,6	0,3	2,4	1,7	0,2	0,2	33	19	7	566	1354	27
600847	V1/3/4	2,6	0,2	2,4	1,9	0,2	0,2	23	13	6	159	1888	29
600848	V1(0)-1/2	2,3	0,2	1,8	1,7	0,2	0,2	25	15	5	305	1284	27
600849	V1(0)-3/4	2,4	0,2	2,0	1,7	0,2	0,2	19	13	5	104	1911	24
600850	V2/1/2	2,4	0,2	2,0	1,3	0,2	0,2	17	15	7	67	3699	25
600851	V2/3/4	2,3	0,2	2,0	1,4	0,2	0,2	21	16	7	84	2229	26
600852	V3/1/2	2,6	0,2	2,0	1,5	0,2	0,2	32	21	9	114	5377	32
600853	V3/3/4	2,8	0,2	2,2	1,8	0,2	0,3	30	20	10	154	7683	39
600854	V4/1/2	2,6	0,2	1,7	1,3	0,3	0,6	29	20	12	129	20481	39
600855	V4/3/4	2,4	0,2	1,6	1,5	0,2	0,3	28	17	9	101	14747	41
600856	V5/1/2	2,4	0,2	2,0	1,6	0,2	0,2	25	14	6	89	5819	32
600857	V5/3/4	2,4	0,2	1,9	1,8	0,2	0,3	24	15	7	96	7083	37
600858	V6/1/2	2,5	0,2	1,6	1,3	0,2	0,3	20	17	9	123	13706	37
600859	V6/3/4	2,6	0,2	1,9	1,5	0,2	0,2	17	19	9	84	8750	36
600860	V7/1/2	2,7	0,2	2,1	1,6	0,2	0,2	24	19	8	67	8351	31
600861	V7/3/4	2,6	0,2	1,7	1,6	0,2	0,4	26	19	9	120	12590	37
600862	V8/1/2	3,0	0,2	1,9	1,8	0,2	0,3	20	12	7	75	8818	41
600863	V8/3/4	2,6	0,2	2,0	1,6	0,2	0,2	18	14	7	97	8173	41
600864	V8(0)-1/2	2,8	0,2	1,3	1,8	0,3	0,4	27	16	8	92	12388	47
600865	V8(0)-3/4	2,8	0,1	1,3	2,0	0,3	0,3	35	14	9	416	13237	44
600866	V9/1/2	2,2	0,2	1,6	1,3	0,2	0,4	25	19	8	89	14358	36
600867	V9/3/4	2,8	0,2	2,2	1,7	0,3	0,3	21	22	10	77	10173	37
600893	V5(0)-1/2	2,6	0,2	1,5	1,8	0,2	0,2	24	14	7	55	6558	41
600894	V5(0)-3/4	2,5	0,2	1,4	2,1	0,3	0,3	23	14	7	60	8830	46



Tabla 5.4.2. Análisis foliares en Alcolea de Cinca. Año 2001.

Ref. Análisis	Ref. muestra	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	Cu	Fe	Na	B
320543	A 4 - 4	3,7	0,4	3,3	1,6	0,3	0,4	25	29	10	165	1933	37
320542	A 7 - 3	3,6	0,3	3,3	1,6	0,3	0,4	24	28	10	119	1871	42
320540	A - 2 - 1	3,7	0,3	3,2	1,5	0,3	0,4	37	35	10	306	1472	40
320541	A - 4 - 2	3,9	0,3	2,9	1,6	0,3	0,4	29	29	10	253	2105	36
320539	A - 4 - 3	3,6	0,3	2,8	1,5	0,3	0,4	27	29	10	214	1988	37
320544	A 1,1	3,8	0,3	2,8	1,5	0,3	0,4	35	28	9	314	1939	39
320545	A 1,3	3,4	0,3	2,8	1,6	0,3	0,4	31	26	9	197	1946	40
320549	A 1-2	3,6	0,4	3,2	1,6	0,3	0,4	32	30	10	153	2502	40
320548	A 2,3	3,7	0,3	3,1	1,7	0,3	0,5	33	29	10	134	1858	41
320546	A 2,4	3,5	0,3	3,1	1,6	0,2	0,4	32	27	10	287	1469	42
320550	A 2-2	3,8	0,3	3,0	2,0	0,3	0,5	47	34	12	458	1771	43
320532	A 3(0) - 2	3,7	0,3	3,0	1,8	0,3	0,4	29	27	10	141	1621	47
320528	A 3(0) - 3	3,5	0,3	3,1	1,8	0,3	0,4	28	31	9	134	1818	46
320526	A 5(0) - 4	3,8	0,3	3,1	1,7	0,3	0,4	28	33	9	153	1831	41
320525	A 6 - 2	4,0	0,3	3,3	1,9	0,3	0,4	28	37	11	245	1761	52
320531	A 7 - 2	3,6	0,3	3,1	2,0	0,3	0,5	27	29	11	171	1962	45
320524	A 7 - 4	3,8	0,3	3,3	2,0	0,3	0,5	29	36	11	162	1448	55
320533	A 8(0) - 1	3,7	0,3	3,1	1,7	0,3	0,4	26	29	10	130	1858	43
320527	A 8(0) - 2	4,3	0,3	3,2	1,9	0,3	0,4	30	30	10	161	1894	47
320529	A 8(0) - 3	3,6	0,3	3,2	2,0	0,3	0,5	31	31	10	169	1842	49
320534	A 8(0) - 4	3,3	0,3	2,8	1,6	0,2	0,3	24	28	9	118	1471	42
320530	A 9 - 1	3,6	0,3	3,3	1,6	0,2	0,4	21	31	9	99	1402	41
320535	A 9 - 4	4,0	0,3	3,1	1,8	0,2	0,4	25	32	11	106	1250	49
320547	A 9,2	3,6	0,3	2,9	1,8	0,2	0,5	28	28	10	183	2079	53
320551	A 9-3	3,8	0,4	3,6	1,7	0,3	0,4	35	34	10	442	2012	43
320536	A-1,4	3,6	0,3	3,0	1,6	0,2	0,4	31	33	10	236	1562	42
600868	A1/1/2	2,6	0,3	3,1	1,4	0,2	0,2	25	25	8	95	2461	34
600869	A1/3/4	3,1	0,3	3,4	1,6	0,2	0,2	27	28	9	119	2503	43
319070	A-1-1	4,0	0,3	2,8	1,4	0,3	0,1	26	30	14	1	947	38
319071	A-1-2	4,1	0,4	2,7	1,4	0,3	0,2	28	26	13	138	1241	36
319072	A-1-3	3,9	0,3	2,5	1,4	0,3	0,2	27	27	12	139	1210	33
600870	A2/1/2	3,1	0,3	2,9	1,7	0,2	0,3	28	26	9	88	2443	41
600871	A2/3/4	3,1	0,3	2,9	1,6	0,2	0,2	25	25	10	81	2150	41
319073	A-2-1	3,9	0,4	3,1	1,5	0,3	0,3	32	28	13	134	1090	40
319074	A-2-2	4,2	0,4	3,0	1,3	0,3	0,3	32	26	13	92	843	33
319075	A-2-3	3,9	0,3	2,8	1,4	0,3	0,2	26	26	12	75	1027	37



**LAF** LABORATORIO DE ANÁLISIS  
Y FERTILIDAD DE SUELOS

320519	A3 (0) - 1	3,9	0,3	3,1	1,7	0,3	0,4	31	29	11	234	1902	35
320538	A-3(0) - 4	3,6	0,3	3,1	1,5	0,2	0,4	25	36	9	90	1929	39
319076	A-3(0)-1	4,1	0,3	2,9	1,5	0,3	0,2	28	24	12	143	780	41
600874	A3(0)-1/2	3,4	0,3	2,8	2,1	0,2	0,3	27	32	9	156	1509	51
319077	A-3(0)-2	4,3	0,3	3,0	1,5	0,3	0,2	30	25	12	151	1226	40
319078	A-3(0)-3	4,2	0,3	2,6	1,4	0,2	0,2	40	27	12	346	974	35
600875	A3(0)-3	3,5	0,3	3,3	2,3	0,2	0,4	30	36	10	179	3080	53
319079	A-3(PK)-1	4,2	0,3	2,8	1,5	0,3	0,3	36	44	13	209	1074	41
319080	A-3(PK)-2	4,0	0,3	2,7	1,5	0,3	0,2	28	23	12	143	753	39
319081	A-3(PK)-3	4,2	0,3	2,8	1,6	0,3	0,2	27	23	11	143	1307	40
600872	A3/1/2	3,8	0,3	2,7	2,1	0,2	0,3	26	22	8	83	1615	53
600873	A3/3/1	3,2	0,3	2,9	1,8	0,2	0,3	29	33	7	137	1796	52
600876	A4/1/2	3,4	0,3	2,9	1,7	0,2	0,3	21	39	8	112	2016	44
600877	A4/3/4	2,9	0,3	3,5	1,5	0,2	0,3	26	41	9	157	3977	42
319082	A-4-2	3,9	0,4	3,1	1,5	0,3	0,2	48	73	14	413	1575	36
319083	A-4-3	3,7	0,3	2,7	1,5	0,4	0,2	36	25	12	244	1969	39
319084	A-4-4	3,9	0,4	2,8	1,4	0,3	0,3	29	27	12	181	1710	40
320520	A5 (0) - 1	4,0	0,4	2,7	2,1	0,3	0,4	30	32	11	191	2742	43
320523	A5 (0) - 2	4,0	0,3	3,0	1,9	0,3	0,4	26	39	11	254	1963	41
320521	A5 (0) - 3	4,1	0,3	3,0	2,0	0,3	0,5	30	32	12	291	1410	40
319085	A-5(0)-1	3,8	0,3	2,6	1,3	0,3	0,2	31	23	11	173	1631	35
600880	A5(0)-1/2	3,5	0,3	3,0	1,8	0,2	0,4	25	33	9	144	1929	56
319086	A-5(0)-2	3,9	0,4	3,4	1,1	0,3	0,2	28	27	11	253	1024	34
319087	A-5(0)-3	4,4	0,4	3,5	1,5	0,3	0,3	36	27	14	116	2104	46
600881	A5(0)-3	2,8	0,3	3,2	1,4	0,2	0,3	27	30	8	126	3475	51
319088	A-5(PK)-1	3,5	0,3	2,4	1,4	0,3	0,2	30	21	12	226	2178	41
319089	A-5(PK)-2	3,9	0,3	2,9	1,4	0,3	0,3	29	22	12	154	1464	44
319090	A-5(PK)-3	3,6	0,3	2,6	1,5	0,3	0,3	33	21	11	221	2411	45
600878	A5/1/2	3,5	0,3	2,7	2,0	0,2	0,3	22	28	8	108	1458	60
600879	A5/3/1	3,3	0,3	3,0	1,7	0,3	0,3	24	32	8	115	2361	46
320537	A-6,3	3,2	0,3	3,3	1,2	0,2	0,3	22	27	10	128	2047	36
600882	A6/1/2	3,2	0,4	4,6	1,5	0,4	0,3	35	49	11	184	6023	40
600883	A6/3/4	3,5	0,3	2,9	1,9	0,3	0,4	29	33	9	137	2658	49
320522	A6/4/2001	3,5	0,3	3,3	1,6	0,2	0,4	23	39	10	100	1539	37
319091	A-6-1	3,5	0,3	2,6	1,5	0,3	0,3	28	28	12	267	2649	42
319092	A-6-2	3,5	0,3	2,8	1,4	0,3	0,3	28	24	12	125	2563	44
319093	A-6-3	3,6	0,3	2,0	1,1	0,2	0,2	24	18	10	157	1236	34
600884	A7/1/2	3,2	0,3	3,0	1,8	0,3	0,3	28	39	9	167	1716	46
600885	A7/3/4	3,3	0,4	3,7	1,6	0,3	0,4	36	52	12	186	4206	55



**LAF** LABORATORIO DE ANÁLISIS  
Y FERTILIDAD DE SUELOS

319094	A-7-1	3,4	0,3	2,5	1,4	0,3	0,3	30	24	12	177	1779	39
319095	A-7-2	3,5	0,3	2,4	1,2	0,2	0,3	29	21	10	115	1172	36
319096	A-7-3	3,4	0,3	2,7	1,2	0,3	0,3	28	20	10	101	1231	34
319097	A-8(0)-1	3,6	0,3	3,0	1,3	0,3	0,3	29	22	10	109	1831	40
600888	A8(0)-1/2	3,3	0,3	3,2	1,8	0,2	0,4	26	48	8	130	2427	46
319098	A-8(0)-2	3,2	0,3	2,5	1,3	0,2	0,3	31	21	13	142	1541	38
319099	A-8(0)-3	3,5	0,3	2,9	1,5	0,3	0,3	29	20	11	162	1618	46
600889	A8(0)-3	3,5	0,3	2,8	1,9	0,2	0,3	22	32	8	109	1288	51
319150	A-8(PK)-2	3,5	0,3	2,9	1,1	0,3	0,2	42	24	8	65	1510	32
319151	A-8(PK)-3	3,2	0,3	2,5	1,1	0,3	0,2	33	21	8	82	3437	33
600886	A8/1/2	3,2	0,3	3,2	1,8	0,2	0,3	25	38	8	137	2265	50
600887	A8/3/1	3,3	0,3	3,4	2,0	0,3	0,3	31	43	9	177	3470	50
600890	A9/1/2	2,7	0,3	3,1	1,3	0,2	0,3	23	36	6	117	2180	32
600891	A9/3/4	3,4	0,3	3,2	1,9	0,2	0,4	30	39	9	141	2234	47
319100	A-9-1	3,7	0,3	2,8	1,2	0,2	0,2	24	19	10	137	1113	40
319101	A-9-2	3,7	0,3	3,0	1,4	0,3	0,3	31	26	12	98	1137	43
319102	A-9-3	3,7	0,3	2,8	1,4	0,2	0,2	29	23	11	122	1334	42



## 5.5.- EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS EN PLANTA (2001)

### 5.5.1.- Nitrógeno en planta

Se consideran los contenidos en planta del conjunto de cortes realizados en el conjunto de la campaña 2001.

La media del contenido de todos los tratamientos en la localidad V es de 3.19% y de 3.75% en la localidad de A. Se trata de un contenido numéricamente importante, que se traduciría por ejemplo en una variación de más del 6% en el contenido de proteína. Estadísticamente se trata de resultados diferentes significativamente.

En el ensayo V el valor más elevado se obtiene en la dosis PK, 3.27% y el menor con la dosis D0, 3.11%. Entre tratamientos las diferencias no son significativas.

En el ensayo A el valor más elevado corresponde a las dosis D0 y D25, 3.81 %, mientras que el valor inferior corresponde a la dosis PK, 3.60%. En este caso las diferencias entre tratamientos no son significativas.

Por lo tanto, del análisis de los resultados de la campaña 2001 se desprende que el contenido de nitrógeno medio en planta depende más del efecto de propiedades intrínsecas de parcela/emplazamiento, que del tipo de tratamiento efectuado.

### 5.5.2.- Fósforo en planta

En el ensayo de V la media del contenido en planta es del 0.21% y el ensayo A del 0.33%. Se trata de resultados significativamente diferentes.

En el ensayo de V los contenidos de las dosis D25, D50 y PK son muy semejantes, entre el 0.21 y el 0.23%. En cambio el nivel más bajo se da en el testimonio con un contenido de 0.18. Son significativamente diferentes los ensayos D50/D0, D25/D0 y PK/D0.

En el ensayo de A los contenidos de fósforo son muy superiores, oscilando de 0.30% en la dosis 0 a 0.34% en las dosis D25 y D50. A nivel estadístico son significativamente diferentes los ensayos D25/PK y D0/PK.

Por lo tanto del análisis del ensayo se desprende:

- la importancia de la riqueza inicial del suelo en el contenido en planta, que se refleja en contenidos muy diferentes incluso a la dosis 0
- el efecto de aportación de nutrientes, vía purín o abono mineral, se refleja en la parcela que parte de niveles más bajos de fósforo en suelo.



- la variación del contenido de fósforo no es significativa en el suelo con mayor contenido de fósforo

#### 5.5.3.- Potasio en planta

La media del contenido de todos los tratamientos en la localidad V es del 1.42% y de 3.033% en la localidad de A. Estadísticamente se trata de resultados diferentes significativamente.

En el ensayo de V los contenidos oscilan de 1.25 en la D0 a 1.44 en la dosis PK, con valores de 1.44% en la dosis D25 y D50. A nivel estadístico solo son significativamente diferentes los ensayos PK/D0.

En el ensayo de A los contenidos de fósforo son muy superiores, oscilando de 2.82% a 3.12%. No hay tratamientos estadísticamente significativos.

Por lo tanto del análisis del ensayo se desprende:

- la importancia de la riqueza inicial del suelo en el contenido en planta, que se refleja en contenidos muy diferentes incluso a la dosis 0
- el efecto de aportación de nutrientes, vía purín o abono mineral se refleja en la parcela que parte de niveles más bajos de potasio en suelo.
- la variación del contenido de potasio no es significativa en el suelo con mayor contenido de potasio.

#### 5.5.4.- Zinc en planta

La media del contenido de todos los tratamientos en la localidad V es de 19 ppm y de 31 ppm en la localidad de A. Estadísticamente se trata de resultados diferentes significativamente.

En el ensayo V el valor más elevado se obtiene en la dosis D25 con 21 ppm y el menor con la dosis PK, 16 ppm. Entre tratamientos son significativas las diferencias D25/PK, D0/PK y D50/PK.

En el ensayo A las diferencias de contenidos son muy escasas. No son estadísticamente significativas.

Por lo tanto, del análisis de los resultados de la campaña 2001 se desprende que el contenido de zinc en planta depende del emplazamiento, en primer lugar. Probablemente el período de una campaña es insuficiente, de momento, para vislumbrar cambios significativos.



#### 5.5.5. - Cobre en planta

La media del contenido de todos los tratamientos en la localidad V es de 9 ppm y de 11 ppm en la localidad de A. Estadísticamente se trata de resultados diferentes significativamente.

En el ensayo V los contenidos oscilan entre 8 y 10 ppm. Entre tratamientos son significativas las diferencias D50/PK y D25/PK.

En el ensayo A las diferencias de contenidos oscilan entre 9 y 12 ppm. No son estadísticamente significativas.

Por lo tanto, del análisis de los resultados de la campaña 2001, no pueden desprenderse conclusiones respecto los contenidos en cobre.

#### 5.5.6.- Producción de forraje, proporción de alfalfa

##### Primer corte

El interés de los resultados de este corte reside en que, según la bibliografía (Schmitt et al., 1991; Kelling and Schmitt, 1996), si la aplicación de purín tiene algún efecto en la producción y calidad de la alfalfa debería notarse en el primer corte y sobre todo en la proporción de malas hierbas, por el efecto que puede ejercer el N del purín en ellas. Los resultados parecen confirmar resultados obtenidos por otros autores (Schmitt et al., 1991; Kelling and Schmitt, 1996).

En el primer corte puede observarse como en las dos localidades, la proporción de alfalfa es mayor, 64,7 % vs 48,0 % en Alcolea y 41,2% vs 35% en Villanueva, en las parcelas que no recibieron purín, aunque la producción de materia seca sea menor, debido probablemente al efecto del N del purín que favorece a las adventicias en comparación con la alfalfa, aunque el análisis estadístico no detecte diferencias significativas entre tratamientos.

Esta mayor proporción de alfalfa se traduce en un mayor contenido de N en Alcolea aunque no en Villanueva, posiblemente porque en esta última localidad el contenido de malas hierbas en el primer corte era demasiado elevado.

El efecto del purín en el contenido de los elementos minerales fue diverso, aunque en general, el empleo del purín incrementó la concentración de P, K y B y disminuyó la de Ca, Zn, Cu y Na.



### Cortes 2,3,4 y 5

Como era de esperar estos cortes fueron, en general, mucho más limpios que el primero, con el consiguiente incremento de la proporción de alfalfa y del contenido en N.

En estos cortes, el empleo de los purines incrementó, en general, la producción de MS, equilibrándose la proporción de malas hierbas y de los contenidos minerales.

### Producción anual y medias ponderadas anuales

El efecto del purín fue distinto según la localidad. Así, en Alcolea con unos niveles de fertilidad de suelo elevados el purín no parece incrementar la producción de MS, mientras que en Villanueva con un suelo menos provisto, el efecto del purín o del abonado incrementó la producción de MS, aunque el análisis estadístico no detectó diferencias significativas entre tratamientos.

En las dos localidades, la mayor proporción de alfalfa se obtuvo en los tratamientos sin purín, y aunque estadísticamente no se detectaron diferencias significativas, parece que el empleo del purín favoreció una mayor proporción de adventicias. Paralelamente, la concentración de N fue mayor, en general, en los tratamientos con mayor porcentaje de alfalfa.

En cuanto a las concentraciones de los demás elementos minerales el empleo del purín incrementó, en general, los contenidos de P, K, Zn y Na y disminuyó las de B.



## 5.6. - CONCLUSIONES CAMPAÑA 2001

En los ensayos correspondientes a la campaña 2001 las conclusiones provisionales han sido las siguientes:

- i) Los niveles de nitrógeno no dependen de la fertilización orgánica o mineral nitrogenada. Podrían relacionarse con los niveles de fósforo y potasio. En cualquier caso las diferencias de nitrógeno entre uno y otro ensayo supondrían contenidos de proteína diferentes en 3-4 unidades porcentuales.
- ii) Los niveles de fósforo se diferencian de forma muy importante entre emplazamientos. A nivel de tratamientos las aportaciones, orgánicas o minerales se reflejan mucho más en el suelo con bajos contenidos de fósforo
- iii) En cuanto a potasio las conclusiones serían semejantes a las del fósforo.
- iv) En relación a los micronutrientes no se observan variaciones importantes en el periodo considerado

En el caso del suelo,

- i) Las importantes diferencias de suelo se traducen en niveles de fertilidad química de partida muy diferentes
- ii) La fertilización orgánica o mineral produce un aumento de los niveles de P en el suelo del ensayo V, menos provisto en este elemento. En el caso de A la riqueza y variabilidad de partida enmascara la aportación
- iii) No se observan diferencias en el caso del potasio

### Valor fertilizante

Respecto al valor fertilizante del purín, los resultados muestran que su efecto fertilizante depende del nivel de fertilidad del suelo sobre el que se aplica. Al igual que sucede en los ensayos de fertilización, el nivel de respuesta de la alfalfa a un determinado elemento depende del nivel de este elemento en el suelo. Si el suelo está bien provisto la respuesta es mínima. Al contrario sucede si el nivel del suelo es insuficiente, donde entonces se suele observar una respuesta a la aplicación de fertilizante.

Estos dos tipos de respuesta se observan en el presente estudio. En Alcolea de Cinca, con un suelo con buen nivel general de fertilidad, el empleo del purín



no incrementó la producción de alfalfa, en cambio en Villanueva de Sigena, con bajos niveles de fertilidad, el purín incrementó la producción de MS de alfalfa.

#### Posible efecto perjudicial sobre la alfalfa

En el conjunto de los cinco cortes, las producciones de MS de las parcelas tratadas con purín no fueron inferiores a las parcelas no tratadas o a los tratamientos con abonado mineral, si bien los purines incrementaron, en general, los contenidos de malas hierbas.

Del conjunto de resultados obtenidos en este primer año de ensayo parecen deducirse que el empleo de purines en la alfalfa, no sólo no afectó negativamente al cultivo, sino que en suelos poco provistos puede aportar los nutrientes necesarios incrementando las producciones de forraje, aunque a costa de aumentar la proporción de adventicias.



### 5.7.- RESULTADOS DE LA CAMPAÑA 2002

A continuación se presentan en forma de tablas los resultados de los análisis de planta y suelos realizados hasta la presente fecha en las localidades de Villanueva de Sigüenza y Alcolea de Cinca.

Tabla n.5.7.1. Resultados de los análisis de suelos (Junio 2002). Expresados en ppm.

Ref. Análisis	Muestra	K	P	Mg	Zn	Cu	Mn	Fe	B	Na
178423	1ACD25	15	96	112	3,9	6,8	36	7	0,03	179
178424	2ACD50	30	128	117	4,8	7,9	39	7	0,03	163
178425	3ACPK	32	134	101	5,0	8,6	43	8	0,02	137
178426	3ACD0	22	136	102	5,8	7,8	40	9	0,01	149
178427	4ACD25	17	91	112	5,4	6,7	44	6	0,02	170
178428	5ACD0	13	91	116	4,8	6,4	46	9	0	136
178429	5ACPK	14	90	113	4,3	5,9	43	8	0	161
178430	6ACD50	21	107	122	5,3	7,2	47	9	0	173
178431	7ACD50	25	113	128	6,8	8,1	44	8	0	161
178432	8ACD0	19	110	121	6,2	8,4	54	10	0,01	152
178433	8ACPK	24	108	118	5,9	7,7	46	9	0	159
178434	9ACD25	25	168	106	4,9	7,1	51	9	0	130
177947	VS1/0	5	120	54	6,1	1,3	12	8	0	43
177948	VS1/PK	10	114	35	3,5	1,4	13	7	0	39
177949	VS2/D25	9	112	41	4,8	1,8	15	9	0	52
177950	VS3/D50	46	197	85	7,7	9,7	25	8	0	68
177951	VS4/D25	46	197	83	8,0	10,2	25	9	0	67
177952	VS5/PK	4	112	65	2,5	1,4	30	8	0	77
177953	VS5/0	5	104	52	1,7	1,2	29	7	0	70
177954	VS6/D50	14	139	69	3,8	2,7	53	10	0	98
177955	VS7/D50	8	140	64	2,4	2,2	31	8	0	55
177956	VS8/0	3	84	63	1,5	1,4	52	9	0	190
177957	VS8/PK	5	74	60	0,5	1,3	56	9	0	270
177958	VS9/D25	6	79	79	1,7	1,8	46	8	0	192



Tabla n.5.7.2. Resultados de los análisis de suelos (octubre 2002). Expresados en ppm.

Ref. análisis	Ref. muestra	N-NO3	P	K	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Na
182075	VS P1 D0	8	3	96	54	1,3	1,3	13	6	0	32
182080	VS P5 D0	7	3	76	65	1,4	1,3	33	6	0	88
182084	VS P8 D0	9	4	77	64	2,8	1,3	31	6	0,01	89
182077	VS P2 D25	12	6	71	47	1,1	1,8	20	6	0,1	63
182079	VS P4 D25	7	3	60	74	1,4	1,5	32	6	0,06	194
182086	VS P9 D25	9	4	66	87	2,4	1,6	47	8	0	116
182078	VS P3 D50	9	4	101	66	1,8	1,7	22	5	0,01	48
182082	VS P6 D50	6	3	71	75	1,8	1,3	38	6	0,01	124
182083	VS P7 D50	6	3	83	75	1,5	1,4	25	5	0,03	78
182076	VS P1 PK	12	11	117	40	1,2	1,3	15	7	0	31
182081	VS P5 PK	7	3	64	56	1,3	0,9	20	5	0,01	44
182085	VS P8 PK	5	3	62	78	1,7	1,3	51	8	0	146
182065	AC P3 D0	9	18	170	106	4,1	7,6	32	6	0,06	169
182068	AC P5 D0	10	10	86	119	3,6	6,4	40	6	0,02	168
182072	AC P8 D0	15	12	110	127	4,6	7	43	6	0,02	198
182078	AC P1 D25	14	17	93	112	5,2	6	30	7	0,032	138
182067	AC P4 D25	11	14	91	118	4,6	6,7	39	6	0,02	187
182074	AC P9 D25	11	18	159	124	5,2	7,5	49	6	0,03	197
182064	AC P2 D50	12	26	137	119	5	7,4	38	6	0,04	175
182070	AC P6 D50	16	25	124	131	6,4	7,5	49	7	0,01	192
182071	AC P7 D50	17	25	137	131	6,5	8,3	53	7	0,01	184
182066	AC P3 PK	12	18	113	107	4,5	7,8	33	6	0,06	156
182069	AC P5 PK	14	19	104	114	5,1	6,6	43	6	0,02	166
182073	AC P8 PK	13	22	125	126	5,7	7,3	45	5	0,03	178



Tabla n.5.7.3.- Resultados de los análisis de planta de Villanueva de Sigüenza.  
Macroelementos expresados en % y microelementos en ppm.

Ref. Análisis	Ref. muestra	Corte	Dosis	N	P	K	Ca	Mg	Na	Zn	Cu	Fe	Mn	B	S
325745	P1-PK	1	PK	4,19	0,25	1,79	3,22	0,23	1608	15	8	214	35	76	0,3
325746	P1-DO	1	D0	4,03	0,19	1,39	3,33	0,26	2394	19	8	139	45	80	0,3
325747	P2	1	D25	4,44	0,25	2,35	2,95	0,24	1635	30	11	191	44	82	0,47
325748	P3	1	D50	4,33	0,26	1,98	2,92	0,28	1946	30	9	180	49	82	0,44
325749	P4	1	D25	3,73	0,22	1,68	2,11	0,29	6070	34	11	227	47	88	0,47
325750	P5-PK	1	PK	3,64	0,24	1,79	2,28	0,32	2719	21	8	155	44	79	0,34
325751	P5-DO	1	D0	3,3	0,16	1,04	3,44	0,32	5136	30	11	-	91	126	0,44
325752	P6	1	D50	3,9	0,28	2,79	2,19	0,3	3500	32	12	310	43	64	0,41
325753	P7	1	D50	3,87	0,27	2,24	2,6	0,28	1617	31	11	198	55	83	0,42
325754	P8-PK	1	PK	3,66	0,24	1,12	2,35	0,31	8849	24	10	483	40	112	0,44
325755	P8-DO	1	D0	2,16	0,1	0,72	6,62	0,36	5578	37	11	-	-	80	0,32
325756	P9	1	D25	3,73	0,22	1,71	2,74	0,27	4335	33	14	299	36	113	0,46
325757	P1-PK	2	PK	4,7	0,33	2,56	2,49	0,3	672	32	9	192	52	51	0,5
325758	P1-DO	2	D0	4,84	0,27	2,05	2,77	0,37	2477	38	15	204	47	70	0,62
325759	P2	2	D25	3,66	0,26	2,28	1,67	0,28	1903	32	11	119	31	50	0,38
325760	P3	2	D50	3,13	0,3	2,33	1,45	0,23	872	34	10	120	34	42	0,32
325761	P4	2	D25	3,12	0,25	1,59	1,09	0,25	5062	37	10	187	38	47	0,38
325762	P5-PK	2	PK	2,86	0,26	1,72	1,44	0,23	1259	24	10	115	37	49	0,35
325763	P5-DO	2	D0	3,51	0,18	1,54	2,43	0,29	4288	31	11	319	51	91	0,46
325764	P6	2	D50	3,57	0,28	2,27	1,43	0,25	4084	37	11	156	34	68	0,46
325765	P7	2	D50	3,5	0,27	2,45	1,51	0,21	853	37	9	115	35	49	0,36
325766	P8-PK	2	PK	3,3	0,24	1,14	1,4	0,31	7020	31	10	178	40	63	0,44
325767	P8-DO	2	D0	2,82	0,15	1,09	1,51	0,28	10283	34	10	292	-	66	0,48
325768	P9	2	D25	3,17	0,26	1,98	1,32	0,22	2651	32	18	152	26	47	0,34
325769	P1-PK	3	PK	3,03	0,23	1,28	2,28	0,29	1116	20	8	77	25	43	0,35
325770	P1-DO	3	D0	3,23	0,2	1,54	2,03	0,29	973	29	9	79	27	41	0,35
325771	P2	3	D25	3,84	0,25	1,65	2,46	0,33	1786	30	11	93	35	56	0,48
325772	P3	3	D50	3,17	0,25	1,73	1,82	0,24	979	24	8	72	27	37	0,34
325773	P4	3	D25	2,88	0,2	1,22	1,92	0,29	1882	25	9	70	25	44	0,33
325774	P5-PK	3	PK	3,65	0,27	1,37	2,07	0,36	1997	25	9	179	32	44	0,42
325775	P5-DO	3	D0	3,31	0,19	1,06	1,94	0,31	1955	31	13	123	25	45	0,36
325776	P6	3	D50	4,52	0,29	1,77	2,06	0,35	3093	66	13	243	23	53	0,56
325777	P7	3	D50	4,65	0,31	1,91	2,54	0,34	1308	66	13	184	34	33	0,56
325778	P8-PK	3	PK	4,75	0,31	1,72	1,75	0,32	4428	43	12	205	26	59	0,59
325779	P8-DO	3	D0	4,61	0,25	1,41	2,24	0,39	4099	51	14	174	31	72	0,61
325780	P9	3	D25	5,05	0,35	2,21	2,05	0,33	1872	51	14	120	25	49	0,57



Tabla n.5.7.4.- Resultados de los análisis de planta de Alcolea de Cinca.  
Macroelementos expresados en % y microelementos en ppm.

Ref. análisis	Ref. m.	Dosis	N	P	K	Ca	Mg	Na	Zn	Cu	Fe	Mn	B	S
325781	P1	1 D25	4,14	0,28	1,99	2,27	0,27	3924	47	10	264	33	70	0,35
325782	P2	1 D50	4,85	0,47	4,28	1,96	0,35	3013	44	13	239	35	61	0,39
325783	P3-PK	1 PK	4,93	0,33	2,57	2,49	0,22	3002	37	12	385	38	74	0,42
325784	P3-DO	1 D0	5,13	0,32	2,52	2,39	0,22	2998	32	10	166	39	65	0,41
325785	P4	1 D25	4,33	0,3	2,63	2,81	0,29	2853	43	16	332	42	61	0,42
325786	P5-PK	1 PK	5,07	0,33	2,25	2,83	0,23	3228	30	10	180	35	67	0,41
325787	P5-DO	1 D0	4,63	0,31	2,79	2,42	0,24	2961	42	10	185	37	57	0,36
325788	P6	1 D50	4,41	0,31	2,93	2,75	0,29	5572	-	33	410	41	68	0,39
325789	P7	1 D50	4,34	0,3	2,91	2,41	0,29	3578	61	11	161	35	63	0,42
325790	P8-PK	1 PK	5,08	0,35	2,8	2,7	0,24	2666	36	13	235	38	72	0,46
325791	P8-DO	1 D0	4,73	0,32	2,52	2,5	0,23	2456	30	12	195	32	60	0,37
325792	P9	1 D25	4,68	0,32	2,89	2,67	0,25	2791	33	14	205	33	70	0,41
325793	P1	2 D25	5,01	0,35	2,94	2,42	0,33	3215	35	13	220	48	75	0,52
325794	P2	2 D50	4,63	0,37	3,32	2,68	0,35	2934	37	13	260	53	85	0,63
325795	P3-PK	2 PK	5,2	0,4	3,29	2,4	0,34	3820	42	14	419	50	71	0,57
325796	P3-DO	2 D0	4,59	0,32	2,9	2,25	0,3	3305	34	12	327	44	69	0,46
325797	P4	2 D25	4,62	0,34	2,84	2,81	0,38	2835	34	12	772	59	75	0,55
325798	P5-PK	2 PK	3,97	0,4	3,77	2,28	0,42	3941	33	11	308	50	65	0,46
325799	P5-DO	2 D0	4,8	0,36	2,85	2,51	0,38	3752	34	12	446	53	68	0,52
325800	P6	2 D50	4,63	0,34	3,26	2,79	0,4	2383	32	12	322	51	78	0,49
325801	P7	2 D50	5,03	0,34	3,05	2,68	0,34	2960	40	12	212	46	75	0,55
325802	P8-PK	2 PK	4,96	0,42	3,6	2,19	0,39	3306	49	12	208	39	61	0,47
325803	P8-DO	2 D0	5,7	0,33	3,2	2,77	0,37	2734	33	11	205	51	74	0,55
325804	P9	2 D25	5,23	0,37	3,96	2,34	0,37	2504	34	12	177	48	72	0,51
325805	P1	3 D25	4,18	0,28	2,34	2,4	0,33	2588	33	11	313	36	59	0,44
325806	P2	3 D50	4,15	0,32	2,88	2,34	0,36	1977	37	13	163	34	63	0,52
325807	P3-PK	3 PK	4,91	0,37	2,55	1,9	0,32	2960	34	11	105	27	46	0,36
325808	P3-DO	3 D0	4,76	0,28	2,38	2,26	0,34	1508	26	11	113	32	57	0,39
325809	P4	3 D25	4,9	0,32	1,79	2,02	0,31	4728	26	10	93	30	64	0,4
325810	P5-PK	3 PK	4,81	0,35	2,55	2,25	0,31	2076	30	11	96	31	62	0,38
325811	P5-DO	3 D0	4,9	0,3	1,65	2,09	0,33	3496	24	10	110	36	57	0,36
325812	P6	3 D50	5,07	0,29	1,92	2,19	0,3	2545	27	10	110	34	73	0,32
325813	P7	3 D50	4,65	0,29	2,62	2,14	0,31	1747	23	11	95	33	66	0,38
325814	P8-PK	3 PK	4,75	0,33	2,65	2,11	0,32	2736	26	10	91	32	60	0,38



Ref. análisis	Ref. m.	Dosis	N	P	K	Ca	Mg	Na	Zn	Cu	Fe	Mn	B	S
325815	P8-DO	3 D0	4,83	0,31	2,06	2,25	0,36	3667	26	10	110	31	61	0,36
325816	P9	3 D25	4,87	0,3	2,42	2,19	0,3	1860	28	10	100	33	75	0,4

Tabla 5.7.5.- Producciones de los distintos tratamientos en ambas localidades.

Dosis	Producción Alcolea de Cinca. (t/ha)	Producción Villanueva de Sigena. (t/ha)
D0	11,43	9,03
D0	15,66	6,89
D0	15,22	6,27
D25	15,13	11,31
D25	16,54	11,61
D25	15	9,92
D50	15,19	13,14
D50	17,1	9,59
D50	15,98	11,25
PK	13,48	12,13
PK	16,61	10,72
PK	15,21	7,01

En la tabla 5.7.5 se presentan las producciones acumuladas en los cinco cortes en ambas localidades. En una primera valoración se aprecian diferencias cuantitativamente distintas entre ambas localidades. La producción promedio en Alcolea es de 15,2 t/ha mientras que en Villanueva de Sigena es de 9,9 t/ha.



5.7.1.- Interpretación y discusión de los análisis foliares.

A continuación se presentan las tablas número 5.7.1.1 y 5.7.1.2 con los niveles promedio por tratamiento para las dos localidades del ensayo.

Tabla n. 5.7.1.1 Concentraciones promedio en planta para los distintos cortes.

Localidad	Tratamiento	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)
V	D0	3,5	0,19	1,31	2,92	0,32	0,44
	PK	3,8	0,26	1,61	2,14	0,3	0,41
	D25	3,7	0,25	1,85	2,03	0,28	0,43
	D50	3,8	0,28	2,16	2,06	0,28	0,43
	Global	3,7	0,25	1,74	2,29	0,29	0,43
A	D0	4,9	0,32	2,54	2,38	0,31	0,42
	PK	4,85	0,36	2,89	2,35	0,31	0,43
	D25	4,66	0,32	2,64	2,44	0,31	0,44
	D50	4,64	0,34	3,02	2,44	0,33	0,45
	Global	4,76	0,33	2,77	2,4	0,32	0,43

Tabla n. 5.7.1.2. Concentraciones promedio en planta para los distintos cortes.

Localidad	Tratamiento	Na (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	B (ppm)
V	D0	4131	33	11	166	45	75
	PK	3296	26	9	200	37	64
	D25	3022	34	12	162	34	64
	D50	2028	40	11	175	37	57
	Global	3119	33	11	181	40	65
A	D0	2986	31	11	206	39	63
	PK	3082	35	12	225	38	64
	D25	3033	35	12	275	40	69
	D50	2968	37	14	219	40	70
	Global	3017	35	12	231	39	66



#### Villanueva de Sigena

1. Se observa una respuesta productiva al tratamiento con purines y fertilizante mineral respecto a las producciones de referencia (testigo).
2. Paralelamente al aumento de producción se observa un aumento en la concentración de nitrógeno en planta.
3. Junto a los tratamientos se observa un aumento en la concentración de fósforo.
4. Se produce un aumento en la concentración de potasio en planta para todos los tratamientos, destacándose más en las dosis más altas de purines.
5. Existe una sinergia entre los cuatro puntos anteriores. Se cumple la ley del mínimo. La aportación de fertilizantes induce una respuesta positiva en el crecimiento vegetativo, la disminución de factores limitantes favorece por tanto producción y la absorción de nutrientes.
6. La absorción de potasio parece interferir en la absorción de otros cationes como el calcio, magnesio y sodio.
7. La aplicación de purines favorece ligeramente la absorción de zinc, siempre dentro de la normalidad.
8. Se observa una mayor concentración de manganeso y boro para la dosis cero, siempre dentro del intervalo normal. Seguramente es debido a un efecto dilutorio que supone el aumento de producción.
9. Los niveles de azufre y cobre permanecen indiferentes a los tratamientos realizados.

#### Alcolea de Cinca

1. Las diferencias de producción son menos sensibles que en el ensayo de Villanueva de Sigena. La mayor disponibilidad de nutrientes enmascara parte del ensayo.
2. Las concentraciones de nitrógeno son inversamente proporcionales a la producción. Especialmente en el caso de la aplicación de purines, disminuye la absorción de nitrógeno al disminuir la capacidad de nodulación de la alfalfa.
3. La concentración de fósforo es indiferente al tratamiento. En condiciones de disponibilidad de nutrientes en el suelo el efecto de l tratamiento apenas ofrece respuesta. Al igual que el fósforo, no se observan diferencias en la absorción de calcio, magnesio, sodio, hierro y manganeso
4. Se observa un aumento en la concentración de potasio proporcional al tratamiento efectuado. Juntamente a un aumento de producción, se observa un aumento en la absorción de potasio.
5. Se detectan aumentos en la concentración de boro y azufre asociados a las aplicaciones con purines.



6. Se observan ligeros aumentos de absorción de cobre y zinc para las dosis más altas de purines.

#### VillanuevaXAlcolea

1. Las producciones en la localidad de Alcolea son superiores a las de Villanueva.
2. A mayor producción, se constata una mayor concentración de los nutrientes nitrógeno, fósforo y potasio. El aumento de producción y absorción está relacionado lógicamente con la mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo de cada localidad.
3. Para el resto de elementos analizados, no se observan diferencias entre ambas localidades.



### 5.7.2 Resumen de los análisis de suelo.

A continuación se presentan en las tablas número 5.7.2.1, 5.7.2.2 y 5.7.2.3 los niveles promedio de P, K, Zn y Cu antes de realizar el ensayo y a finales del mismo para los distintos tratamientos realizados en ambas localidades.

Tabla 5.7.2.1 Comparación de los niveles en el suelo al inicio del ensayo y al final para las distintas localidades.

Localidad	P inicial	P final	K inicial	K final	Zn inicial	Zn final	Cu inicial	Cu final
Villanueva	6	13	103	123	1,9	3,7	1,5	3
Alcolea	16	21	146	114	3,3	5,2	5,8	7,4

Tabla 5.7.2.2 Comparación de los niveles en el suelo al inicio del ensayo y al final para los distintos tratamientos.

Tratamiento	P inicial	P final	K inicial	K final	Zn inicial	Zn final	Cu inicial	Cu final
D0	9	11	127	108	2,2	4,3	3,5	4,4
D25	12	20	122	124	2,5	4,8	3,6	5,7
D50	10	24	113	137	2,9	5,1	3,7	6,3
PK	13	15	138	105	2,8	3,6	4	4,4

Tabla 5.7.2.3 Comparación de los niveles en el suelo al inicio del ensayo y al final para las distintas localidades y tratamientos.

Loc X Trat.	P inicial	P final	K inicial	K final	Zn inicial	Zn final	Cu inicial	Cu final
V D0	4	4	103	103	1,4	3,1	1,3	1,3
V D25	8	20	90	129	1,6	4,8	1,3	4,6
V D50	4	23	100	159	2,3	4,6	1,5	4,9
V PK	8	6	120	100	2,3	2,2	2	1,3
A D0	15	18	150	112	3,1	5,6	5,7	7,5
A D25	17	19	153	118	3,4	4,7	5,9	6,9
A D50	16	25	127	116	3,5	5,6	5,8	7,7
A PK	19	23	155	111	3,4	5,1	6	7,4



### Villanueva de Sigüenza.

Se detecta un aumento del nivel promedio de fósforo de 7 ppm, como resultado del conjunto de tratamientos realizados durante los dos años de ensayo.

El nivel global de potasio aumenta en 20ppm como resultado del conjunto de tratamientos y balances de extracciones realizados a lo largo de los dos años de ensayo. Los niveles de cobre y zinc aumentan sensiblemente.

Por tratamientos, aumentan los niveles de fósforo y potasio en el suelo tras las aplicaciones de purines. El incremento absoluto de fósforo es de 12ppm para la dosis D25 y de 19 ppm para la dosis D50. El testigo y la fertilización mineral permanecen estables. Los niveles de potasio se han incrementado en 39 y 59 ppm para los respectivos tratamientos D25 y D50. También en el caso del potasio, los niveles en el suelo han permanecido invariables tanto en el testigo como en la fertilización mineral.

Los niveles de zinc y cobre aumentan ligeramente para ambas aplicaciones de purines, permaneciendo dentro de los límites normales en ambos elementos.

### Alcolea de Cinca

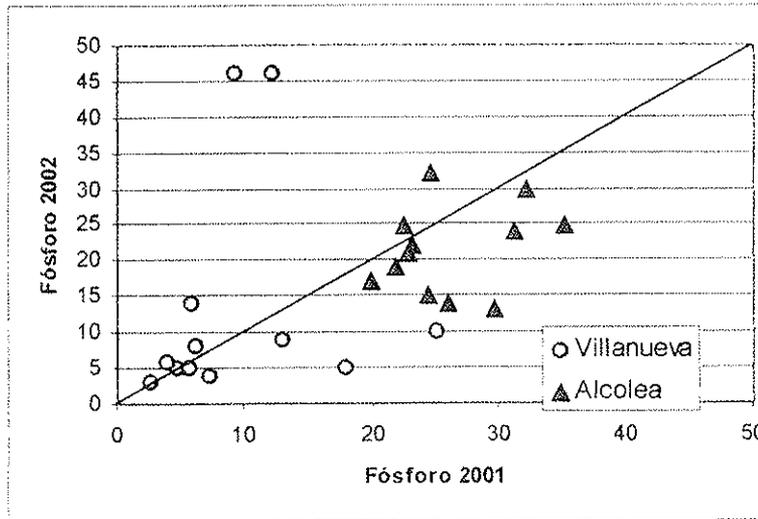
Se detecta un aumento del nivel promedio de fósforo de 5 ppm, como resultado del conjunto de tratamientos realizados durante los dos años de ensayo. Teniendo en cuenta que se han realizado los mismos tratamientos en ambas localidades, es lógico pensar que en Alcolea con mayores producciones se observa un menor aumento absoluto en el nivel de fósforo en el suelo.

Por tratamientos, aumentan los niveles de fósforo en el suelo tras las aplicaciones más altas de purines (D50). El incremento absoluto de fósforo es de 6ppm respecto al testigo. Los niveles de fósforo en el suelo del testigo, la fertilización mineral y la dosis más baja de purin aplicado permanecen estables. Los niveles de potasio han disminuido para la totalidad de tratamientos. Las altas extracciones del cultivo, asociadas a un cierto consumo de lujo, al aumentar la disponibilidad son los factores que han favorecido la pérdida de potasio en el suelo.

Los niveles de cobre y zinc en el suelo no presentan diferencias entre los distintos tratamientos efectuados.



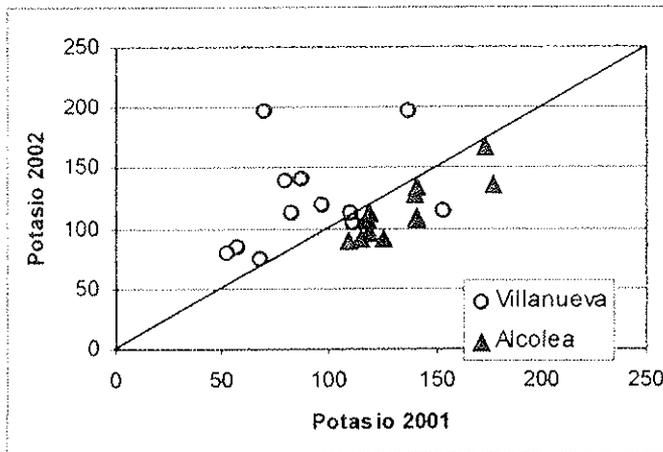
**LAF** LABORATORIO DE ANÁLISIS  
Y FERTILIDAD DE SUELOS



En el gráfico adjunto se comparan los niveles de fósforo en el suelo antes del segundo año de experimentación y al finalizar el mismo.

La tendencia general es a la disminución (puntos situados por debajo de la mediatriz) de los niveles de fósforo en el suelo, especialmente en las

muestras procedentes de la localidad de Alcolea de Cinca.



En el gráfico adjunto se comparan los niveles de potasio en el suelo antes del segundo año de experimentación y al finalizar el mismo. Las muestras procedentes de Alcolea de Cinca presentan contenidos en potasio inferiores a los de la campaña anterior, mientras que en Villanueva se observan aumentos generalizados para la mayoría de las muestras

analizadas. Las diferencias en las producciones obtenidas puede haber sido uno de los factores claves de esta situación.



#### 5.8.- CONCLUSIONES DE LA CAMPAÑA 2002.

1. Aparecen diferencias de rendimiento en la localidad de Alcolea de Cinca respecto al año anterior al disminuir los niveles de nutrientes P-K en el suelo.
2. El rendimiento depende altamente de factores de producción como la disponibilidad de agua, manejo, disponibilidad de nutrientes etc. Se definen claramente dos niveles de producción en cada una de las localidades.
3. Para niveles bajos de nutrientes en el suelo (P-K), como es el caso de Villanueva de Sigena, se observa una respuesta productiva a la aplicación de purines en el suelo. En casos de mayor disponibilidad de nutrientes, como es el caso de Alcolea de Cinca, disminuye la respuesta productiva a corto plazo. Según los resultados del ensayo de la presente campaña, se distingue cierta respuesta a la aplicación de purines.
4. Con la aplicación de purines, y por tanto de potasio se cumple la teoría del consumo de lujo. Aumenta la concentración en planta en ambas localidades.
5. Tras las dos aplicaciones realizadas los niveles de nutrientes y metales pesados en el suelo permanecen bastante inalterados. Están mitigados por las elevadas extracciones del cultivo y las aplicaciones de purines a dosis adecuadas.



## 5.9.- RESUMEN DE RESULTADOS 2001-02.

### 5.9.1.- Producciones y análisis de planta

En las tablas 5.9.1.1, 5.9.1.2, 5.9.1.3 y 5.9.1.4 se destacan las producciones acumuladas promedio y las concentraciones de nutrientes en planta por tratamientos, en cada localidad y de forma anual. También se presentan los valores promediados por anualidades, localidades y tratamientos.

Tabla n.5.9.1.1.- Producciones y concentraciones de nutrientes por tratamientos y años.

Año	Localidad	Tratamiento	Producción t/ha	N (%)	P (%)	K (%)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
2001	V	D0	8,0	2,3	0,2	1,1	15	7
2001	V	PK	10,4	2,3	0,2	1,5	13	6
2001	V	D25	10,0	2,3	0,2	1,4	17	8
2001	V	D50	10,4	2,3	0,2	1,4	17	7
2001	A	D0	12,6	3,1	0,3	2,6	26	9
2001	A	PK	11,8	3,1	0,3	2,6	28	9
2001	A	D25	11,8	3,1	0,3	2,7	27	9
2001	A	D50	13,6	3,1	0,3	2,7	27	9
2002	V	D0	7,4	3,5	0,2	1,3	33	11
2002	V	PK	11,0	3,8	0,3	1,6	26	9
2002	V	D25	11,3	3,7	0,3	1,9	34	12
2002	V	D50	10,0	3,8	0,3	2,2	40	11
2002	A	D0	14,1	4,9	0,3	2,5	31	11
2002	A	PK	15,6	4,9	0,4	2,9	35	12
2002	A	D25	16,1	4,7	0,3	2,6	35	12
2002	A	D50	15,1	4,6	0,3	3,0	37	14

Tabla n. 5.9.1.2.- Producciones y concentraciones de nutrientes por anualidades.

Anualidad	Producción t/ha	N (%)	P (%)	K (%)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
2001	11,0	2,7	0,2	1,9	20	7
2002	12,6	4,2	0,3	2,3	33	11

Las producciones promedio han aumentado en promedio 1,6 t/ha comparativamente entre ambas campañas. La mejora en el manejo del riego y las condiciones ambientales han sido determinantes. Paralelamente al aumento



de la producción se ha constatado un aumento en la concentración de nutrientes de la alfalfa.

Tabla n. 5.9.1.3.- Producciones y concentraciones de nutrientes por localidades.

Localidad	Producción t/ha	N (%)	P (%)	K (%)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
V	9.8	3.0	0.2	1.5	54	8
A	14.1	4.1	0.3	2.7	31	10

Por localidades, Alcolea de Cinca se muestra más productiva a la vez que presenta mayores concentraciones nutricionales en planta. Las diferencias sustanciales entre los dos tipos de suelos, la mayor capacidad para suministrar agua al cultivo y la mayor reserva de nutrientes del suelo han sido los factores clave.

Tabla n.5.9.1.4.- Producciones y concentraciones de nutrientes por tratamientos.

Tratamiento	Producción t/ha	N (%)	P (%)	K (%)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
D0	10.5	3.5	0,2	1,9	26	9
PK	12.3	3.6	0,3	2,0	24	8
D25	12.3	3.4	0,3	2,1	28	10
D50	12.3	3.5	0,3	2,3	30	10

Entre tratamientos, observados a nivel global, se detecta un claro aumento de producción al aplicar fertilizantes respecto al testigo. El aumento de producción y en consecuencia el aumento radicular induce una mayor absorción nutricional en el caso del fósforo y potasio que no afecta al contenido promedio del nitrógeno para los condicionantes del ensayo (resumen de ambas localidades). Las aplicaciones de purines producen un incremento en las concentraciones de zinc y de cobre en el forraje, siempre dentro de la normalidad.



### 5.9.2. Extracciones de nutrientes.

Se presentan tablas con las extracciones acumuladas promedio de los nutrientes N, P, K, Zn y Cu por tratamientos, en cada localidad y de forma anual. También se presentan los valores promediados por anualidades, localidades y tratamientos.

Tabla n.5.9.2.1.- Extracciones acumuladas por tratamiento y año.

Año	Localidad	Tratamiento	N (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	K <sub>2</sub> O (kg/ha)	Zn (g/ha)	Cu (g/ha)
2001	V	D0	187	28	109	123	54
2001	V	PK	238	46	185	132	61
2001	V	D25	229	43	168	175	75
2001	V	D50	243	42	169	176	78
2001	A	D0	396	79	389	332	110
2001	A	PK					
2001	A	D25	364	77	371	329	106
2001	A	D50	419	89	435	371	129
2002	V	D0	259	32	116	244	81
2002	V	PK	416	65	212	285	99
2002	V	D25	419	65	252	385	136
2002	V	D50	378	64	258	398	110
2002	A	D0	691	103	430	437	155
2002	A	PK	755	128	540	545	187
2002	A	D25	750	118	510	564	193
2002	A	D50	701	118	547	559	211

Las extracciones se calculan a partir de las producciones acumuladas y las concentraciones promedio de nutrientes del análisis de la alfalfa.

Tabla n.5.9.2.2. Extracciones acumuladas por anualidades.

Anualidad	N (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	K <sub>2</sub> O (kg/ha)	Zn (g/ha)	Cu (g/ha)
2001	297	58	261	234	77
2002	546	87	358	427	147

Se detectan diferencias importantes entre las dos anualidades del ensayo. La mayor producción y concentración presentadas y comentadas en el apartado anterior son determinantes. El cálculo de las extracciones son necesarias para establecer un balance de nutrientes.



Las extracciones calculadas son muy distintas entre anualidades y confirma la gran variabilidad existente en las extracciones de los cultivos según los condicionantes como son el manejo, climatología etc.

Tabla n.5.9.2.3. Extracciones acumuladas por localidades.

Localidad	N (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	K <sub>2</sub> O (kg/ha)	Zn (g/ha)	Cu (g/ha)
V	296	48	184	240	87
A	582	102	460	448	136

Las diferencias existentes entre las dos anualidades evaluadas se transmite a la variabilidad entre parcelas.

Tabla n.5.9.2.4. Extracciones acumuladas por tratamiento

Tratamiento	N (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	K <sub>2</sub> O (kg/ha)	Zn (g/ha)	Cu (g/ha)
D0	383	61	261	284	100
PK	469	80	312	321	86
D25	440	76	325	363	127
D50	435	78	352	376	132

Existen diferencias importantes entre los distintos tratamientos. Las extracciones promedio de nitrógeno oscilan entre 383 y 469 kg/ha y las de potasio entre los 261 y 352 kg/ha. Lo cierto es que se trata de un cultivo de elevadas extracciones en comparación con el resto de cultivos tradicionales en la zona (Valle del Ebro). A nivel de los nutrientes zinc y cobre, las extracciones se sitúan por debajo de los 400g/ha, y son ligeramente superiores para las aplicaciones de purines.



### 5.9.3. Balance de nutrientes.

Se presentan tablas con los balances nutricionales. Se trata de las diferencias entre los nutrientes aportados en cada tratamiento y las extracciones del cultivo. Los valores negativos se interpretan como un saldo negativo entre las entradas y salidas. También se presentan los valores promediados por anualidades, localidades y tratamientos.

Tabla n.5.9.3.1. Balance de nutrientes por tratamientos y anualidades

Año	Localidad	Tratamiento	N (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	K <sub>2</sub> O (kg/ha)	Zn (g/ha)	Cu (g/ha)
2001	V	D0	-187	-28	-109	-123	-54
2001	V	PK	-238	79	65	-132	-61
2001	V	D25	-162	20	-90	695	575
2001	V	D50	-109	84	-13	1564	1222
2001	A	D0	-396	-79	-389	-332	-110
2001	A	PK	-755	-3	-290	-545	-187
2001	A	D25	-297	-14	-293	541	544
2001	A	D50	-285	37	-279	1369	1171
2002	V	D0	-259	-32	-116	-244	-81
2002	V	PK	-416	60	38	-285	-99
2002	V	D25	-334	13	-112	485	514
2002	V	D50	-208	92	22	1342	1190
2002	A	D0	-691	-103	-430	-437	-155
2002	A	PK	-755	-3	-290	-545	-187
2002	A	D25	-665	-40	-370	307	457
2002	A	D50	-531	38	-267	1181	1089

El balance de nutrientes en ensayos como el presente son necesarios, especialmente cuando uno de los objetivos del ensayo es la evaluación de la capacidad de reciclaje de purines en la alfalfa.

Se ha demostrado en el apartado anterior que la alfalfa es un cultivo de muy altas extracciones. En el presente apartado se demuestra la absoluta absorción de los elementos fertilizantes aplicados juntamente con los purines.

Tabla n.5.9.3.2. Balance de nutrientes por anualidades

Anualidad	N (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	K <sub>2</sub> O (kg/ha)	Zn (g/ha)	Cu (g/ha)
2001	-239	14	-158	512	470
2002	-482	3	-191	225	341



Comparativamente entre ambas anualidades se constata un saldo negativo mayor para la campaña 2002 que en la anterior. Este hecho se acentúa por haber aportado aproximadamente las mismas unidades fertilizantes mientras que las extracciones han sido muy distintas.

Tabla n.5.9.3.3. Balance de nutrientes por localidades

Localidad	N (kg/ha)	N-Nitrógeno residual (ppm)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	K <sub>2</sub> O (kg/ha)	Zn (g/ha)	Cu (g/ha)
V	-239	8	36	-39	412	400
A	-517	13	-24	-330	297	400

La parcela experimental ubicada en Alcolea de Cinca presenta un balance más negativo al presentar un ritmo de extracciones mayor. El balance de zinc y cobre es similar entre anualidades. Aunque positivo, las cantidades aportadas durante las dos campañas no son lo suficientemente significativas como para cambiar las concentraciones en el suelo. Al finalizar los ensayos, el nivel de nitrato residual en el suelo es normal, con ligeras diferencias entre localidades que son debidas a las diferencias entre suelos (mineralización de la materia orgánica etc).

Tabla n.5.9.3.4. Balance de nutrientes por tratamientos

Tratamiento	N (kg/ha)	N-Nitrógeno residual (ppm)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	K <sub>2</sub> O (kg/ha)	Zn (g/ha)	Cu (g/ha)
D0	-383	10	-60	-261	-285	-100
PK	-469	11	45	-62	-320	-115
D25	-364	11	-5	-216	507	522
D50	-283	11	63	-134	1364	1168

En el balance final por tratamientos presenta valores negativos en el caso del nitrógeno y del potasio. En el primer caso debido al efecto de fijación del nitrógeno atmosférico. No obstante, se apunta el balance negativo obtenido en el caso de las máximas aplicaciones de nitrógeno para las dosis de 50m<sup>3</sup> de purin/ha. El remanente final de nitrógeno residual en el suelo, al finalizar los ensayos, es el mismo para todos los tratamientos. En el caso del potasio, el balance se muestra más negativo para los testimonios. La disminución de los niveles de potasio en el suelo al finalizar los ensayos, corroboran el efecto esquilante de la alfalfa.

Para el fósforo, se produce un balance positivo en el caso de los tratamientos PK y D50 que no necesariamente se trasmite al resultado global de los análisis



**LAF** LABORATORIO DE ANÁLISIS  
Y FERTILIDAD DE SUELOS

de suelo. La baja movilidad del fósforo en el suelo, el sistema de muestreo de suelos (0-30cm) y un cultivo permanente (no laboreo) son los factores determinantes en la interpretación de los análisis de suelo.

Para los metales zinc y cobre se presenta un balance positivo en los tratamientos realizados con purines. El incremento final por hectárea no supera 1,3kg, nivel poco significativo si se compara con los valores límite anuales contemplados en el Real Decreto 1310/90.



## 6.- CONCLUSIONES DEL PROYECTO

- I. Los ensayos realizados a lo largo del período 2000-2001-2002 corroboran que las producciones totales obtenidas en dos tipos de suelo perfectamente diferenciados son muy divergentes a igualdad de tratamientos. Este hecho refleja la influencia del suelo en la producción final obtenida.
- II. La producción de alfalfa responde muy favorablemente a la aportación de nutrientes siempre y cuando los niveles de dichos nutrientes en suelos estén por debajo del umbral de respuesta
- III. La aportación de nutrientes efectuada por mediación de los purines tiene un efecto equivalente al de una aportación de nutrientes por la vía mineral
- IV. En los suelos donde se han efectuado los ensayos las aportaciones óptimas de purines son de 25 m<sup>3</sup>/ha (Alcolea) y de 50 m<sup>3</sup>/ha (Villanueva de Sigena)
- V. A las dosis de purines aplicadas no se aprecian acumulaciones de metales pesados o micronutrientes como el zinc y el cobre
- VI. La utilización de purines supone, en las características de los ensayos aplicados, un ahorro de costes de producción *esto es de aplicarlos*
- VII. La aplicación de purines en las condiciones del ensayo supone un reciclaje efectivo de nutrientes
- VIII. Se constata que, a mayor aportación de potasio, se produce un efecto de acumulación de este elemento en el forraje (consumo de lujo)



## BIBLIOGRAFÍA

- ALLOWAY B. J.,. 1990. Heavy Metals in Soils. Blackie Glasgow and London
- Beede, D. 1996. Cation-anion difference in dairy rations:dealing with high potassium content in alfalfa. Proceedings of the 26 National Alfalfa Symposium. USA.
- BOURRELIÉ, PAUL-HENRI. BERHELIN, JACUES. PEDRO, GEORGES. 1998. Académie Des Sciences Rapport n° 42. Lavoisier TEC & DOC.
- DALIPARTHY J., HERBERT S.J., VENEMAM L.M. 1994. "Dairy manure applications to alfalfa: crop response, soil nitrate and nitrat ein soil water", Agronomy Journal 86:927-933
- INSTITUT TECHNIQUE DE L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE (ITAB). Guide des matières organiques. 1995. Paris.
- ISTVÁN PAIS, J. BENTON JONES, JR. 1997. The Handbook of Trace Elements. St. Lucie Press, Boca Raton, Florida.
- Jacobs, L. 1994. Manure management to avoid environmental concerns. Proceedings of the 24 National Alfalfa Symposium. USA Kelling K, M.A. Schmitt. 1996. Applying manure to alfalfa. How much and when. Proceedings of the 26 National Alfalfa Symposium. USA.
- Kelling, K.K., Schmitt, M. 1996. Applying manure to alfalfa, How Much and When. Proceedings of the Twenty Six National Alfalfa Symposium. East Lansing, Michigan, USA, 92-102.
- LAF, LABORATORIO DE ANÁLISIS Y FERTILIDAD DE SUELOS. 2000. Continguts de metalls pesants als sòls de les comarques lleidatanes de les Garrigues, la Segarra, el Solsonés, la Cerdanya, el Pallars Jussà i el Pallars Sobirà. Diputació de Lleida
- LAF "Estudio de caracterización de los niveles de utrientes enb los suelos de las parcelas de alfalfa de las zonas productoras de España". 2000. AIFE.
- Lloveras, J., Ferrán, J., Boixadera, J., Bonet, J. 2001. Potassium fertilization effects on alfalfa in a Mediterranean climate. Agronomy J. 93, 139-143.
- Mangado, J. M., Ameztoy, J. M. 1997. Abonado orgánico en alfalfa. Respuesta en producción y calidad a diferentes aportaciones. XXXVII Reunión Científica de la SEEP. Sevilla, Spain, 347-357
- MAURIÈS MATHIEU. "La luzerne aujourd'hui". 1994. Editions France Agricole. Paris
- OUVRAGE COLLECTIF. 1997. Traitier et Valoriser les Boues. Collection OTV.
- Schmitt, M. 1993. What's changing with manure applications to alfalfa. Proceedings of the 23 National Alfalfa Symposium. USA.



**LAF** LABORATORIO DE ANÁLISIS  
Y FERTILIDAD DE SUELOS

- SIMPSON KEN. "Fertilizers and manures". 1986. Longman Scientific.  
Harlow Thomas, E. 1997. Impact of manure on alfalfa and fermentation.  
Silage: Field to feedbunk. NRAES-99. USA.

