



UNIVERSIDAD DE LEÓN
FACULTAD DE VETERINARIA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL I

**EFFECTO DE LA FERTILIZACION MINERAL Y FRECUENCIA DE
SIEGA SOBRE LA PRODUCCION, COMPOSICION BOTANICA Y
VALOR NUTRITIVO DE UN PRADO DE MONTAÑA**

**Memoria que para optar al grado de
Doctor en Veterinaria presenta:**

MANUEL RODRIGUEZ PASCUAL

León, Febrero de 1994

ALFREDO CALLEJA SUAREZ, Catedrático de Producción Animal de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de León y ANTONIO GOMEZ SAL, Investigador Científico del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Instituto Pirenaico de Ecología, Zaragoza).

HACEN CONSTAR:

Que el Licenciado en Veterinaria MANUEL RODRIGUEZ PASCUAL ha realizado en el Departamento de Producción Animal, y bajo nuestra dirección, la Memoria de Doctorado titulada:

EFECTO DE LA FERTILIZACION MINERAL Y FRECUENCIA DE SIEGA SOBRE LA PRODUCCION, COMPOSICION BOTANICA Y VALOR NUTRITIVO DE UN PRADO DE MONTAÑA.

Que presenta para optar al grado de Doctor en Veterinaria por la Universidad de León.

León a 2 de Febrero de 1994.

ALFREDO CALLEJA SUAREZ

ANTONIO GOMEZ SAL

a *Elvira*

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-----------|
| 1.- INTRODUCCIÓN | 11 |
| 1.1. La montaña de León. Del policultivo tradicional a la especialización ganadera..... | 11 |
| 1.2. Situación actual. Un aprovechamiento ganadero insuficiente..... | 14 |
| 1.3. Factores que modifican el equilibrio de los prados. | 15 |
| 1.4. El abonado como factor clave en la producción de los prados..... | 16 |
| 1.4.1. Fertilización y uso sostenible..... | 16 |
| 1.4.2. Nuevas perspectivas en el marco de la PAC. Equilibrio frente a intensificación..... | 17 |
| 1.4.3. Importancia de los factores antrópicos. | 19 |
| Gestión adecuada de los prados. | 19 |
| 1.5. Objetivos. | 19 |
| | |
| 2. MATERIAL Y METODOS. | |
| 2.1. Localización geográfica del experimento. | 21 |
| 2.1.1. Suelo. | 21 |
| 2.1.2. Clima..... | 22 |
| 2.2. Diseño general..... | 24 |
| 2.3. Muestreo..... | 25 |
| 2.4. Análisis de laboratorio. | 26 |
| 2.4.1. Composición botánica. | 26 |
| 2.4.2. Composición química y valor nutritivo. | 27 |
| 2.5. Análisis estadístico..... | 27 |
| | |
| 3. PRODUCCION. | |
| 3.1. Variación en la cantidad de hierba cosechada. | 30 |
| 3.1.1. Nitrógeno..... | 30 |
| 3.1.2. Fósforo..... | 32 |
| 3.1.3. Potasio..... | 35 |
| 3.1.4. Nitrógeno-Fósforo. | 38 |
| 3.1.5. Nitrógeno-Potasio. | 40 |

| | |
|---|-----------|
| 3.1.6. Fósforo-Potasio..... | 42 |
| 3.1.7. Nitrógeno-Fósforo-Potasio..... | 44 |
| 3.2. Consideraciones generales..... | 48 |
| 3.2.1. Distribución estacional..... | 53 |
| 3.3. Recapitulación..... | 57 |
| 4. COMPOSICION BOTANICA..... | 59 |
| 4.1. Variación en la proporción de los grupos botánicos..... | 61 |
| 4.1.1. Consideraciones generales..... | 68 |
| 4.2. Variación en la producción de gramíneas, leguminosas y "otras"..... | 71 |
| 4.2.1. Nitrógeno..... | 71 |
| 4.2.1.1. Gramíneas..... | 71 |
| 4.2.1.2. Leguminosas..... | 73 |
| 4.2.1.3. "Otras"..... | 74 |
| 4.2.2. Fósforo..... | 76 |
| 4.2.2.1. Gramíneas..... | 76 |
| 4.2.2.2. Leguminosas..... | 77 |
| 4.2.2.3. "Otras"..... | 79 |
| 4.2.3. Potasio..... | 80 |
| 4.2.3.1. Gramíneas..... | 80 |
| 4.2.3.2. Leguminosas..... | 82 |
| 4.2.3.3. "Otras"..... | 83 |
| 4.2.4. Nitrógeno-Fósforo..... | 85 |
| 4.2.4.1. Gramíneas..... | 85 |
| 4.2.4.2. Leguminosas..... | 86 |
| 4.2.4.3. "Otras"..... | 87 |
| 4.2.5. Nitrógeno-Potasio..... | 88 |
| 4.2.5.1. Gramíneas..... | 88 |
| 4.2.5.2. Leguminosas..... | 89 |
| 4.2.5.3. "Otras"..... | 91 |
| 4.2.6. Fósforo-Potasio..... | 92 |
| 4.2.6.1. Gramíneas..... | 92 |
| 4.2.6.2. Leguminosas..... | 93 |
| 4.2.6.3. "Otras"..... | 95 |
| 4.2.7. Nitrógeno-Fósforo-Potasio..... | 96 |
| 4.2.7.1. Gramíneas..... | 96 |
| 4.2.7.2. Leguminosas..... | 98 |
| 4.2.7.3. "Otras"..... | 100 |
| 4.2.8. Consideraciones generales..... | 101 |
| 4.2.9. Equilibrio en la composición botánica..... | 106 |
| 4.3. Composición específica..... | 110 |
| 4.3.1. Análisis Factorial de Correspondencias (AFC)..... | 110 |
| 4.3.2. Ordenación de los inventarios en el plano factorial..... | 113 |
| 4.3.3. Clasificación de Twinspan..... | 115 |
| 4.3.4. Respuesta de las especies del prado a los distintos tratamientos de abonado..... | 117 |
| 4.3.4.1. Comportamiento de las especies más representativas..... | 120 |
| 4.3.5. Diversidad y riqueza..... | 122 |
| 4.4. Recapitulación..... | 124 |

| | |
|---|-----|
| 5. COMPOSICION QUIMICA. | 126 |
| 5.1. Variación en el contenido de Proteína bruta..... | 127 |
| 5.1.1. Consideraciones generales..... | 130 |
| 5.2. Variación en la producción de Proteína bruta..... | 133 |
| 5.2.1. Nitrógeno..... | 133 |
| 5.2.2. Fósforo..... | 134 |
| 5.2.3. Potasio..... | 135 |
| 5.2.4. Nitrógeno-Fósforo..... | 136 |
| 5.2.5. Nitrógeno-Potasio..... | 138 |
| 5.2.6. Fósforo-Potasio..... | 139 |
| 5.2.7. Nitrógeno-Fósforo-Potasio..... | 140 |
| 5.2.8. Consideraciones generales..... | 142 |
| 5.2.9. Recapitulación..... | 145 |
| 5.3. Variación en el contenido de Fibra bruta..... | 147 |
| 5.3.1. Consideraciones generales..... | 149 |
| 5.4. Variación en la producción de Fibra bruta..... | 151 |
| 5.4.1. Nitrógeno..... | 151 |
| 5.4.2. Fósforo..... | 152 |
| 5.4.3. Potasio..... | 154 |
| 5.4.4. Nitrógeno-Fósforo..... | 155 |
| 5.4.5. Nitrógeno-Potasio..... | 156 |
| 5.4.6. Fósforo-Potasio..... | 157 |
| 5.4.7. Nitrógeno-Fósforo-Potasio..... | 158 |
| 5.4.8. Consideraciones generales..... | 159 |
| 5.4.9. Recapitulación..... | 162 |
| | |
| 6. VALOR NUTRITIVO. | |
| 6.1. Variación en el valor nutritivo de la hierba (UFL/kg MS). | 165 |
| 6.2. Variación en la producción de Unidades Nutritivas (UFL ha ⁻¹)..... | 168 |
| 6.2.1. Nitrógeno..... | 168 |
| 6.2.2. Fósforo..... | 169 |
| 6.2.3. Potasio..... | 170 |
| 6.2.4. Nitrógeno-Fósforo..... | 171 |
| 6.2.5. Nitrógeno-Potasio..... | 172 |
| 6.2.6. Fósforo-Potasio..... | 173 |
| 6.2.7. Nitrógeno-Fósforo-Potasio..... | 175 |
| 6.3. Consideraciones generales..... | 177 |
| 6.3.1. Distribución estacional..... | 184 |
| 6.4. Recapitulación..... | 186 |
| | |
| 7. CONCLUSIONES | 189 |
| | |
| 8. BIBLIOGRAFIA | 191 |

1. INTRODUCCION.

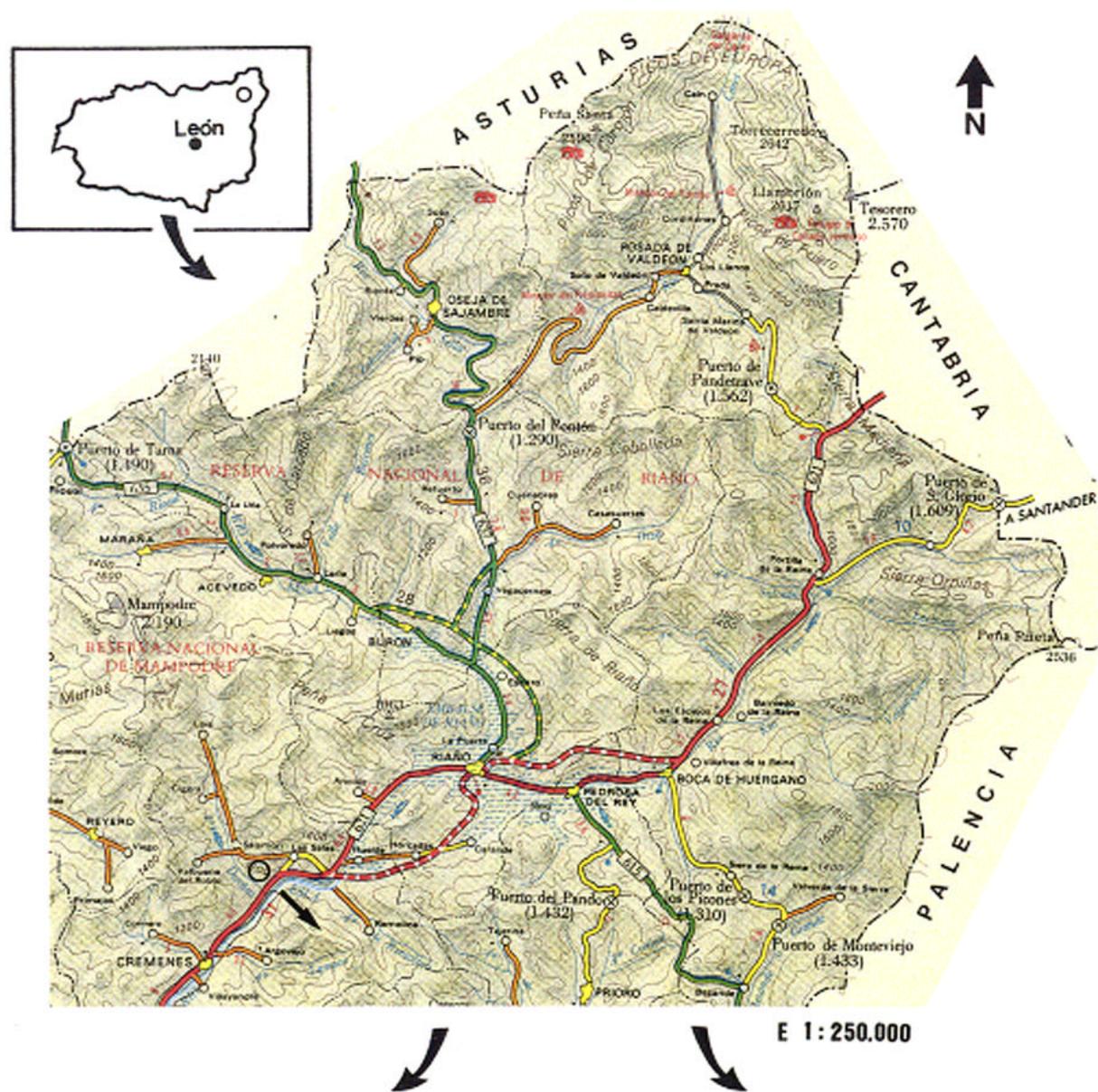
1.1. La montaña de León. Del policultivo tradicional a la especialización ganadera.

La región natural denominada "Montaña Leonesa", que ocupa todo el Norte de la provincia, tiene una superficie de 440.158 ha (28,4% del total provincial) y engloba dos comarcas: Montaña de Luna y Montaña de Riaño. La primera incluye 13 municipios con una superficie de 188.038 ha y la segunda 24 con una extensión de 252.120 ha.

En este territorio montañoso los usos del suelo en los distintos valles se organizan, de forma general, en torno a tres grandes bandas altitudinales bien diferenciadas: las zonas llanas de fondo de valle, las laderas y los puertos (GOMEZ SAL y RODRIGUEZ PASCUAL, 1987).

La banda inferior de este gradiente altitudinal está ocupada, principalmente, por los prados de siega dedicados a la producción de hierba que, almacenada en forma de heno, constituye la reserva fundamental para la alimentación invernal del ganado. Ocupan la franja más productiva, asentándose sobre suelos profundos y fértiles de material aluvial en las proximidades de los cauces fluviales. Sin embargo su superficie es muy pequeña en relación a las otras unidades del territorio. Tradicionalmente algunos de estos prados de siega eran utilizados como "huertas" para la producción de hortalizas y también como "linares" para la producción del lino, cultivo muy extendido en la montaña y que ocupaba las mejores tierras.

En las laderas se localizaban las tierras de cultivo de legumbres (garbanzos, lentejas, guisantes, titos, arvejos, etc.) y cereales para consumo humano -sobre todo centeno- la mayoría de las veces sobre pequeñas parcelas aterrazadas que, en las solanas, alcanzaban cotas muy elevadas en un importante esfuerzo por incrementar el suelo cultivable. Alternando con éstas tierras, que en la actualidad ocupan muy escasa superficie, se localizan los prados de secano y los pastizales comunales cuyo aprovechamiento se hacía en común, con diferentes especies, por medio de las "veceras". En la parte alta de las laderas aparecen los bosques, sobre todo en las zonas con pendientes más pronunciadas localizándose, generalmente, los robledales (*Quercus pyrenaica* Willd.) en las orientaciones de solana y los hayedos (*Fagus sylvatica* L.) en las umbrías o "abesedos" (MARTIN GALINDO, 1961)



Actualmente tanto las huertas de fondo de valle como los cultivos de las laderas han desaparecido casi por completo del paisaje y tan solo se mantienen algunas pequeñas parcelas para patatas y algún cultivo forrajero (alfalfa) en los alrededores de los pueblos. El resto se ha convertido en prados de siega y pastizales aprovechados a diente. Esta evolución de los usos agrarios es común a otras montañas españolas (LASANTA, 1989).

Finalmente, constituyendo la parte superior de las tres grandes bandas, se sitúan los "puertos", sólo aprovechables de Junio a Septiembre y que tradicionalmente han acogido a los rebaños de merinas trashumantes.

La Montaña Leonesa, como sus homólogas de la Cordillera Cantábrica, tiene una vocación eminentemente ganadera gracias a las enormes superficies de pastos. En la Tabla 1 se puede observar cómo más del 50% de su superficie total está dedicada a pastizales puros o asociados a matorrales. También destaca la importante superficie dedicada a las masas forestales (24,4%) y la poca entidad (0,8%) de las tierras de cultivo debido a la difícil orografía y adversa climatología, que dificultan cualquier tipo de cultivo. Los prados permanentes o prados de siega ocupan, tan solo, un 7,3% de la superficie y constituyen la zona más productiva del sistema.

Tabla 1.- Distribución de los usos de la Tierra en la Montaña Leonesa.

| | | |
|--------------------|---------|--------|
| Tierras de cultivo | 3.516 | 0,8% |
| Prados permanentes | 32.255 | 7,3% |
| Pastizales | 69.126 | 15,7% |
| Erial | 52.437 | 11,9% |
| Matorral | 162.793 | 37,0% |
| Terreno forestal | 107.525 | 24,4% |
| Otras superficies | 12.506 | 2,9% |
| TOTAL | 440.158 | 100,0% |

FUENTE: Elaboración propia a partir del Censo Agrario de 1989.

Tradicionalmente la economía de los pueblos de la montaña leonesa se basó en una utilización armónica, por parte de la ganadería, de las diferentes áreas o bandas altitudinales del territorio. Para ello era preciso una relación equilibrada entre las superficies extensivas -con bajo potencial productivo- situadas en las laderas y zonas altas (puertos y pastos comunales), en las que el aprovechamiento sólo puede realizarse directamente por el ganado durante el verano y las superficies capaces de asegurar producciones elevadas, constituidas por los prados de siega. Este equilibrio se mantuvo durante siglos añadiendo a los ganados estantes locales una carga "extra" de ovino trashumante durante el verano.

Sin embargo, durante los últimos cuarenta años, la trashumancia ovina desde los puertos de León a los pastos de invierno en Extremadura ha sufrido un gran retroceso. En el período 1987-1991 trashumaron una media de 37.000 ovejas, lo que representa un 30% de las que lo

hicieron en los años cincuenta, a las que hay que añadir 1.800 vacas. Cabe señalar que la totalidad de las vacas y una tercera parte de las ovejas son propiedad de "serranos" leoneses.

Paralelamente a la disminución de la trashumancia se han producido dos fenómenos de gran importancia. Por una parte se ha incrementado, notablemente, dentro de nuestra provincia una trashumancia corta o "transterminancia" entre los puertos de la montaña y los regadíos del Sur de la provincia, donde las ovejas aprovechan en invierno los pastos, rastrojeras y restos de cultivos de las zonas bajas. En la actualidad más de 86.000 ovejas utilizan este sistema (GOMEZ SAL y RODRIGUEZ PASCUAL, 1992).

Por otro lado, durante las últimas décadas, algunos ganaderos trashumantes han sustituido las ovejas por las vacas de carne debido, en parte, a la falta de pastores cualificados. El ganado vacuno no exige la presencia constante del hombre y puede permanecer solo en los puertos y en las fincas extremeñas con atenciones mínimas, lo que produce un ahorro importante de mano de obra y una rentabilidad mayor.

Estos movimientos migratorios se mantienen en la actualidad, en gran medida, por la insuficiencia de recursos nutritivos para mantener el ganado durante el invierno en la montaña, así como por la carencia de instalaciones adecuadas para este tipo de animales.

Aunque la transterminancia ha aumentado mucho en determinadas zonas de la montaña y la trashumancia todavía mantiene cierta entidad en otras, la utilización actual de los pastos es insuficiente por la disminución global de los movimientos estacionales y de la cabaña estante, como consecuencia de la despoblación y envejecimiento de la población que se viene produciendo desde hace treinta años.

En la actualidad, esta situación se ha agravado por la crisis láctea que padece la CEE que ha originado fuertes restricciones a la producción ("cuotas lecheras"), caída del precio y de la rentabilidad del producto. Esto ha propiciado un abandono progresivo de la producción láctea que se había impuesto en las últimas décadas y una reorientación del sector hacia el vacuno de carne, opción que nunca debió abandonarse pues es la que mejor se adapta a las condiciones de la montaña.

1.2. Situación actual. Un aprovechamiento ganadero insuficiente.

Según el Censo Agrario de 1989, la carga ganadera actual de la montaña leonesa es de 0,43 UGM ha⁻¹ de SAU (considerando los censos de vacuno, ovino, caprino y equino), cifra muy lejana a la máxima de 1,4 UGM que tiene previsto la CEE para tener derecho a las primas compensatorias. Además de insuficiente, el aprovechamiento ganadero está desequilibrado en favor del vacuno, al desaparecer las antiguas veceras concejiles de diferentes especies que se complementaban en la utilización de los recursos pastables.

Por lo indicado anteriormente se puede afirmar que, en la actualidad, se ha roto el equilibrio entre pastos y prados de siega, existiendo amplias superficies de los primeros (sobre todo los situados en las zonas más altas y alejadas de los valles) que se embastecen y degradan por falta de una carga adecuada de ganado, mientras los segundos se utilizan en su totalidad pero de forma poco racional con rendimientos bajos.

En general el número de cabezas que cada ganadero puede mantener en cada explotación, sin aportes externos, depende de la hierba que pueda almacenar para la invernada en forma de heno o ensilado, obtenida en los prados de siega que, con sus pequeñas superficies, actúan como factor limitante y decisivo de todo el sistema ganadero.

En las condiciones actuales la fertilización mineral, utilizada racionalmente con unos costes moderados, acompañada de otras mejoras fáciles de realizar (adelanto de la época de siega, conservación adecuada del forraje) nos permitirían producir un incremento notable de la cantidad y calidad de la reserva invernal, que daría lugar a un aumento sustancial de los censos de animales estantes y una reducción importante de los movimientos ganaderos (trashumancia y transterminancia). Esto implicaría una reacción en cadena muy beneficiosa, que se traduciría en una mejor utilización de los pastos de altura y, en definitiva, en una economía más saneada de las explotaciones de montaña (FERRER, 1992).

No se trata de medidas de intensificación drásticas, poco oportunas en la actualidad de acuerdo con las recomendaciones de la PAC, sino de simples mejoras que van a permitir un incremento sustancial de la reserva invernal y, por lo tanto, una utilización más eficaz con sistemas ganaderos extensivos de amplias superficies de pastos de la montaña, sin otra utilización posible.

Esto permitiría fijar una cierta población en estas áreas y una mejor utilización del territorio con el ganado mediante sistemas extensivos y, al mismo tiempo, poder acogerse a las subvenciones con las que la CEE prima este tipo de producciones. Además de las consideraciones económicas y productivas, hay que tener en cuenta que la ganadería en estas zonas ha de cumplir un papel importante como conservadora de los pastos, paisajes y valiosos ecosistemas de montaña (FILLAT, 1991).

1.3. Factores que modifican el equilibrio de los prados.

Los prados son comunidades herbáceas con una diversidad de especies relativamente baja pero con elevada competencia interespecífica en cuanto al aprovechamiento de los nutrientes del suelo y ocupación vertical del espacio. En su formación, manejo y evolución intervienen múltiples factores, que podemos establecer en tres grupos:

- Factores ambientales abióticos: climáticos, edáficos, topográficos, etc.

- Factores ambientales bióticos: vegetación, microflora y fauna edáfica, relaciones interespecíficas, acción del ganado (pastoreo, deyecciones, pisoteo), carga ganadera, tipo de animales, etc.

- Factores antrópicos y culturales: fertilización mineral, abonado orgánico, enmiendas, ritmo de aprovechamiento, riegos, siega y/o pastoreo, etc.

Por su complejidad, importancia e interés, el estudio de los prados cuenta en León con importantes aportaciones sobre: comunidades vegetales y su conservación (GARCIA GONZALEZ, 1981; GARCIA GONZALEZ y NAVASCUES, 1989; GOLDSMITH, 1986); estructura y valoración agronómica (NAVASCUES, 1986); composición botánica y bromatológica (PEREZ PINTO, M.T., 1986, 1991; GARCIA NAVARRO, 1988; PEREZ PINTO, J.E. 1989); análisis físico-químico de los suelos (CARPINTERO, 1966; MORO, 1986) y estructura aérea y subterránea (RODRIGUEZ FERNANDEZ, 1992).

1.4. El abonado como factor clave en la producción de los prados.

1.4.1. Fertilización y uso sostenible.

Para conservar el nivel de fertilidad de los suelos y asegurar una producción agrícola suficiente el agricultor ha utilizado, durante siglos, productos minerales y orgánicos que, de alguna manera, sirvieran para compensar la extracciones de las cosechas.

La elevación de la productividad en la agricultura de los países desarrollados ha ido unida, en los últimos tiempos, al empleo de abonos consiguiéndose una producción necesaria para alimentar a la población pero alcanzándose a veces notables cantidades de excedentes. En algunas ocasiones una abundante fertilización no sólo ha hecho disminuir la productividad, sino que se ha convertido en un problema para el medio ambiente (MATEO BOX, 1992)

Idéntico proceso de intensificación ha seguido la producción de forrajes en los países de la Europa occidental, originándose en los últimos años unos graves excedentes de carne y leche, lo que ha originado un cambio en la Política Agraria Comunitaria (PAC), con medidas que favorecen los sistemas de producción menos intensivos. Se trata de pasar de unos sistemas de máxima producción a otros más eficaces, con menor empleo de medios de producción para reducir costes, respetando al mismo tiempo el medio ambiente y los riesgos de contaminación.

Por el contrario, en los países menos desarrollados del Este de Europa, la utilización creciente de abonos es una necesidad para incrementar las producciones y atender las exigencias crecientes de la población (LIHAN y JEZICOVA, 1991; NICZYPORUK y MORACZEWSKI, 1987; BANSZKI, 1991; TOTEV y KOEV, 1990; GOLOB *et al.*, 1989).

La fertilización mineral produce sobre el prado varios efectos evidentes: por un lado incrementa los rendimientos hasta ciertos límites, de acuerdo con los niveles de abonado y contenido en nutrientes del suelo; paralelamente se produce un cambio, a veces drástico, en la composición botánica debido a las diferentes necesidades nutritivas de las especies que la constituyen.

Para mantener un adecuado equilibrio, en los prados permanentes, es necesario una fertilización cuidadosa no siempre fácil de conseguir ya que las especies más productivas, que responden mejor al abonado, no son siempre las de mejor calidad y estas se ven relegadas, con frecuencia, a unas proporciones mínimas, lo que puede repercutir en una disminución del valor nutritivo de la hierba.

Por otra parte, el sistema tradicional de explotación de los prados de siega en la montaña leonesa ha sido muy rutinario y presenta algunos inconvenientes. El primer corte o siega se hace generalmente muy tarde (Julio-Agosto) con lo cual la hierba se encuentra muy embastecida y con bajo valor nutritivo (SUAREZ *et al.*, 1967; RODRIGUEZ GUEDAS, 1968a, 1968b). Posteriormente en Otoño (Septiembre-October) se realiza un pastoreo del rebrote hasta la estabulación del ganado. Ocasionalmente, en los prados de regadío con buena "otoñada" y con tiempo estable, se realiza un segundo corte en Septiembre, en vez del pastoreo. Al realizarse muy tarde el primer aprovechamiento el prado apenas tiene tiempo de recuperarse, quedando privado el ganado de un rebrote, para heno, de alto valor nutritivo por el elevado porcentaje de leguminosas que contiene.

1.4.2. Nuevas perspectivas en el marco de la PAC. Equilibrio frente a intensificación.

Como consecuencia de los objetivos impuestos por la PAC se asiste, en los países de la CEE, a una "extensificación" de las producciones forrajeras, con menor empleo de fertilizantes, sobre todo nitrogenados, y una reducción en el número de aprovechamientos (BRIEMLE *et al.*, 1992; LECONTE y LEAU, 1992; DURU, 1992). La utilización del trébol en los prados, como fuente de nitrógeno para abaratar los costes y evitar problemas de contaminación, es un tema al que se le está prestando mucha atención en los últimos años (MORRISON, 1988; WILKINS, 1987; MUNRO, 1988; DYCKMANS, 1989; GIOVANNI, 1990; GONZALEZ RODRIGUEZ, 1986; LAZENBY, 1988; VERTES y SIMON, 1992). La utilización más eficiente de los abonos (MEYER *et al.*, 1993; GARWOOD, 1988; SALETTE, 1988), buscando la dosis y época más idónea de aplicación, es otra de las líneas presentes de investigación (DAMPNEY, 1992; FRAME, 1987; SWIFT *et al.*, 1988; STEVENS, 1988).

Otra de las preocupaciones actuales, en el estudio de los prados permanentes, es la disminución del número de especies pratenses con pérdida de la diversidad biológica debido, principalmente, a la roturación y siembra con variedades más productivas, utilización intensiva de herbicidas y purines, siegas o pastoreos frecuentes y elevados niveles de fertilizantes, sobre todo nitrogenados (BERENDSE *et al.*, 1992); referente a éste último apartado VAN DER MEER

(1982) indica que la media de fertilización nitrogenada pasó, en Holanda, de 50 kg en 1950 a 400 kg ha⁻¹ año⁻¹ en 1980.

Esta intensificación ha originado que en países como Suiza, menos del 15% de los prados permanentes sean ricos en especies (JEANGROS y SCHMID, 1991). La conservación de una cierta proporción de prados con una flora rica y variada, con alto índice de diversidad biológica, es una línea que se está aplicando ya en algunos países (THOMET *et al.*, 1990; SCHMID y JEANGROS, 1990; GARCIA GONZALEZ, 1992; DACCORD, 1990; BERENDSE *et al.*, 1992; SMITH, 1987; DIETL, 1990).

Sin embargo, la utilización racional de los fertilizantes y su acción sobre la producción, composición botánica o valor nutritivo de los forrajes, sigue teniendo en la actualidad una gran importancia (HUCHE *et al.*, 1990; HOLMES, 1989; HOLUBEK Y JANCOVIC, 1989; SIMPSON *et al.*, 1988; CHANEY y PAULSON, 1988; LOISEAU *et al.*, 1990; NOEL y HNATYSZYN, 1991; WILKINS *et al.*, 1989; HOPKINS *et al.*, 1984, 1990; RAMON, 1986; RAMON y JOURDAN, 1986 y 1987; DURU *et al.* 1993a y 1993b).

De acuerdo con el primer Forum Europeo de la Fertilización Racional celebrado en Estrasburgo en 1991 (citado por RODRIGUEZ JULIA, 1992), la fertilización del futuro deberá responder a dos grandes objetivos: por una parte el aporte de nutrientes se deberá ajustar continuamente a los diferentes objetivos de la producción, bien sea en cantidad o calidad; si los objetivos de producción varían, las recomendaciones de abonado estarán preparadas para ajustarse rápidamente a las nuevas situaciones. Por otro lado surge la necesidad de minimizar los posibles riesgos de contaminación, para lo cual los aportes de fertilizantes deberán coincidir al máximo, tanto en el espacio como en el tiempo, con la demanda nutricional de la planta.

En nuestro país y más concretamente en la Cordillera Cantábrica, que tiene unas buenas condiciones para la producción pratense, el consumo de fertilizantes es aún muy bajo y, salvo casos muy puntuales, estamos muy lejos de las posibles agresiones al medio ambiente (PIÑEIRO, 1992). Lo que realmente preocupa a técnicos y ganaderos es la dependencia de los alimentos y concentrados de fuera de la explotación. Por ello se insiste continuamente en una fertilización racional de los prados, como soporte imprescindible de una ganadería ligada a la tierra.

El aporte de elementos fertilizantes debe hacerse de tal forma que ninguno de ellos tenga función limitante, buscando el equilibrio entre los mismos más que su valor absoluto. Sin embargo, para aumentar el rendimiento hasta los niveles óptimos, no basta aplicar las fórmulas típicas de cualquier manual, sino que es necesario recurrir a otras más complejas y perfeccionadas, basadas en una experimentación adecuada que permita recoger la variación durante varios años.

1.4.3. Importancia de los factores antrópicos. Gestión adecuada de los prados.

Dentro de los factores antrópicos y culturales, que son los que más trascendencia económica tienen, los estudios sobre los abonos químicos o minerales cuentan en nuestra provincia con una importante tradición. Ya en el año 1860 el catedrático y director de la Escuela Profesional de Veterinaria, Bonifacio de Viedma y Lozano, publica en León la "*Memoria sobre abonos animales, vegetales y minerales*", en la que se hace una descripción de los diferentes tipos de abonos y se dan recomendaciones sobre su utilización.

Por otra parte, el leonés Pedro Fernández Soba traduce del francés y es publicado por la Sociedad Económica Leonesa de Amigos del País, en 1871, la tercera edición de "*Los Abonos Químicos*" de Jorge Ville. Este autor francés fue uno de los precursores de las recomendaciones para la fertilización de cultivos basadas en pruebas de campo y elaboró un simple esquema de pruebas que podían ser utilizadas por los agricultores para determinar, por ellos mismos, los fertilizantes que necesitaban los cultivos. Este libro fue, en aquella época, una llamada de atención a los agricultores para que restituyesen, por medio de los abonos químicos, la fertilidad de sus tierras ya que el estiércol lo hace únicamente de forma parcial.

Más recientemente se han estudiado, en la montaña leonesa, los efectos de la fertilización mineral sobre la producción (SUAREZ *et al.*, 1965, 1975, 1976; CALLEJA *et al.*, 1988; PUENTE *et al.*, 1981), composición botánica (CARPINTERO y SUAREZ, 1976a; CALLEJA *et al.*, 1980, 1981; RODRIGUEZ *et al.*, 1981), composición mineral (SUAREZ, 1951; CARPINTERO y SUAREZ, 1976b; CALLEJA, 1976), valor nutritivo (CARPINTERO y SUAREZ, 1977a) y conservación de la hierba mediante el ensilado (CARPINTERO y SUAREZ, 1977b).

Otro aspecto importante, dentro de los factores antrópicos, sería el conocimiento de la influencia que el ritmo de aprovechamiento o número de siegas tiene sobre la cantidad y calidad del forraje cosechado, que podría tener un interés práctico inmediato (ANTUÑA *et al.*, 1991). Por medio de la modificación de la estrategia de aprovechamiento de los prados (variación en el número de cortes) es posible lograr una utilización de los recursos forrajeros más eficientemente al conseguir un incremento de la cantidad o calidad del forraje, con un coste asociado prácticamente nulo (KRAJCOVIC *et al.*, 1988a, 1988b; EDER, 1989; FIALA, 1990; GRABOWSKI, 1986; GRABOWSKI *et al.*, 1990, 1991; BANSZKI, 1990; KUHBAUCH *et al.*, 1991; JACOB y YOOK, 1989; YOOK y JACOB 1989, 1990; BASSETTI *et al.*, 1991; TROXLER, 1987, 1990; JO, 1989; JO y SCHECHTNER, 1990a, 1990b, 1990c, 1991a, 1991b; GIOVANNI, 1990; HOPKINS *et al.*, 1990).

1.5. Objetivos.

El objetivo general de esta Tesis Doctoral es el estudio de la influencia de diferentes tipos, combinaciones y dosis de fertilizantes minerales (nitrógeno, fósforo y potasio) sobre la

producción, composición botánica y valor nutritivo de la hierba en un prado permanente de siega de montaña con dos ritmos diferentes de utilización: dos y tres cortes anuales.

Estos objetivos se pueden concretar en los siguientes términos:

- **Producción.** Se analiza la influencia de los diferentes tratamientos de fertilizantes sobre la producción de hierba (kg MS ha^{-1}), comparando dos ritmos diferentes de aprovechamiento de la hierba: dos cortes (Junio y Septiembre) y tres cortes anuales (Junio, Julio y Septiembre); así como su distribución a lo largo del ciclo vegetativo.

- **Composición botánica.** Variación de la composición porcentual y producción (kg MS ha^{-1}) de las familias botánicas con mayor interés en la composición del prado (gramíneas, leguminosas y "otras" plantas) como consecuencia de los distintos tratamientos y las diferencias específicas de acuerdo con el abonado y la época de siega. La composición botánica se analiza también teniendo en cuenta el concepto de diversidad, indicador de estabilidad, equilibrio y en consecuencia de posibilidades de uso sostenible de la producción del prado.

- **Valor nutritivo de la hierba obtenida.** Partiendo de los porcentajes de proteína bruta, fibra bruta y materia orgánica de los diferentes tratamientos, se calculan las Unidades Forrajeras Leche ($\text{UFL kg}^{-1} \text{MS}$) y la producción de UFL ha^{-1} de los distintos tratamientos en las dos frecuencias de explotación del prado.

En función de los objetivos anteriores se pretende abordar el estudio del prado de forma global, para que con una fertilización mineral racional, de coste moderado, nos permita obtener unas producciones óptimas, de alto valor nutritivo y con una composición florística adecuada para que el ecosistema pradera se pueda mantener productivo en el tiempo con el mínimo consumo energético. Se trata de incrementar los rendimientos de forma rentable conservando, e incluso mejorando, la fertilidad de los suelos, pero sin afectar al medio natural, evitando las dosis elevadas de fertilizantes que puedan ocasionar contaminaciones o daños irreversibles en el suelo.

A pesar de la gran variabilidad de condiciones que se dan en la montaña leonesa, por tratarse de un tipo de ecosistema seminatural relativamente fijo en sus características, las conclusiones pueden ser generalizables, aunque con matizaciones para las diferentes situaciones y que faciliten la obtención de un incremento sustancial de la reserva invernal, lo que se traducirá en una mejora de la rentabilidad de las explotaciones y en la posibilidad de utilizar amplias zonas de pastos hoy abandonadas.

2. MATERIAL Y METODOS.

2.1. Localización geográfica del experimento. Caracteres físicos.

El presente estudio se enmarca dentro de un experimento de fertilización mineral de larga duración, que se lleva a cabo ininterrumpidamente desde 1978 en la Montaña de Riaño (León) y que continúa en la actualidad.

Este ensayo se sitúa en la localidad de Las Salas, en un prado permanente de regadío de 3.600 m², a una altitud de 1.010 m, orientación 40° e inclinación 4°, en la Vega de Alión, junto al río Dueñas, del que se abastece de agua para el riego. Pertenece al antiguo término municipal de Salamón -hoy Ayuntamiento de Crémenes- en el Nordeste de la provincia de León y en la cuenca hidrográfica del Esla (Figura 1).

2.1.1. Suelo.

Por su situación en un fondo de valle, en una zona próxima a un cauce fluvial, el prado se asienta sobre un suelo profundo de textura arcillo-limosa, compuesto por materiales sedimentarios del Cuaternario. El análisis químico del suelo dio el siguiente resultado al inicio del experimento:

pH(H₂O): 6,2

pH(CIK): 5,8

N-total: 0,624%

Materia orgánica: 12,27%

Relación C/N: 11,4

CaO asimilable: 9.400 kg/ha

P₂O₅ asimilable: 175 kg/ha

K₂O asimilable: 340 kg/ha

Se trata de un suelo de pH ligeramente ácido y con buenos contenidos en materia orgánica, nitrógeno y calcio, siendo pobre en fósforo y potasio. A este respecto, se le puede considerar como un suelo típico de prado de la montaña leonesa (MORO, 1986). Por otra parte presenta gran homogeneidad estructural, que ha quedado patente en un trabajo previo donde se utilizaron diferentes índices (PEREZ PINTO, 1991).

2.1.2. Clima.

En la Tabla 2 se presentan las precipitaciones mensuales de los seis años estudiados, a los que se hace referencia de forma más explícita en el apartado de Muestreo, con las medias correspondientes a cada período. Además se indican las temperaturas medias mensuales de 24 años (1961-1984). Los datos corresponden a la estación meteorológica del Pantano de Riaño (1.040 m) próxima al ensayo.

En dicha tabla se aprecia que la pluviosidad media de la zona se aproxima a los 1.300 mm anuales, siendo el periodo 1989-91 con 1.137,7 mm de media, más seco que el correspondiente a 1985-87 (1.236,3 mm), aunque ambos están por debajo de la media de 24 años (1.286,8 mm). Los años 1986 (982,7 mm) y 1991 (956,5 mm) tuvieron una pluviosidad más baja.

Considerando la lluvia caída en el periodo Abril-Septiembre, que es cuando se produce el mayor crecimiento de la hierba, en el primer trienio se recogieron 419,0 mm frente a los 333,9 mm del segundo, mientras que la media de 24 años se sitúa en 405,5 mm. Sin embargo si excluimos en mes de Septiembre en el que se realiza el segundo o tercer aprovechamiento, según la intensidad de los mismos, la precipitación caída en los meses de Abril-Agosto es prácticamente la misma en ambos períodos: 279,2 mm (1985-87) frente a 274,5 mm (1989-91).

Generalmente las lluvias primaverales son suficientes para garantizar la producción óptima del primer corte de Junio. Sin embargo en los meses de Julio y Agosto es preciso regar cada dos o tres semanas para paliar la falta de precipitaciones estivales. Aunque el prado utilizado para este ensayo es de regadío y en ningún momento hay déficit de agua, se ha comprobado el efecto beneficioso de la lluvia sobre la producción debido en parte a la buena temperatura de ésta en primavera y verano, en relación con la baja del agua de riego producida por el deshielo o por el viento frío del Norte, que tienen un efecto muy negativo sobre el crecimiento de la hierba.

Respecto a la temperatura, admitiendo como una primera aproximación que la vegetación comienza a desarrollarse cuando la misma se sitúa alrededor de 5| C (HEDIN *et al.*, 1972), en nuestro caso la temperatura media sobrepasa este valor en los meses comprendidos entre Abril y Octubre, aunque las temperaturas medias más altas se consiguen en los meses centrales de Julio (16,2|) y Agosto (15,8|), siendo la media anual de 8,2| C. Por el contrario, las medias de las mínimas se sitúan por debajo de 0| C en los meses de Enero (-3,0|), Febrero (-2,0|), Marzo (-1,0|), Noviembre (-0,1|) y Diciembre (-2,0|), en que se detiene todo tipo de crecimiento.

Tabla 2.- Precipitaciones y temperaturas de la zona de ensayo.

| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTAL |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|
| 1985 | 167,7 | 204,3 | 88,1 | 252,9 | 88,2 | 24,2 | 69,2 | 0,0 | 0,0 | 8,7 | 147,5 | 280,0 | 1.330,7 |
| 1986 | 174,6 | 149,7 | 44,4 | 59,6 | 31,3 | 20,0 | 17,3 | 24,8 | 252,6 | 32,6 | 103,3 | 72,5 | 982,7 |
| 1987 | 142,9 | 140,8 | 109,5 | 122,8 | 11,3 | 44,8 | 46,4 | 24,6 | 166,9 | 314,6 | 154,4 | 134,6 | 1.395,6 |
| MEDIA | 155,7 | 164,9 | 80,7 | 145,1 | 43,6 | 29,7 | 44,3 | 16,5 | 139,8 | 118,6 | 135,0 | 162,3 | 1.2356,3 |
| 1989 | 39,0 | 58,2 | 73,0 | 122,9 | 115,6 | 6,5 | 47,4 | 36,8 | 40,4 | 52,8 | 334,8 | 410,6 | 1.338,0 |
| 1990 | 123,0 | 63,0 | 16,1 | 123,5 | 100,6 | 65,9 | 23,4 | 31,3 | 38,1 | 257,7 | 173,3 | 102,6 | 1.118,8 |
| 1991 | 105,9 | 47,5 | 284,0 | 54,9 | 49,6 | 14,4 | 27,2 | 3,7 | 99,7 | 117,1 | 149,2 | 3,3 | 956,5 |
| MEDIA | 89,3 | 56,3 | 124,4 | 100,4 | 88,6 | 28,9 | 32,7 | 23,9 | 59,4 | 142,5 | 219,1 | 172,2 | 1.137,7 |
| 24 AÑOS | 155,2 | 146,2 | 115,3 | 105,6 | 100,8 | 57,0 | 35,0 | 33,2 | 73,9 | 128,3 | 172,5 | 163,8 | 1.286,8 |
| TEMP. | 1,2 | 2,4 | 4,2 | 6,4 | 9,5 | 13,5 | 16,2 | 15,8 | 13,4 | 9,5 | 4,6 | 1,8 | |

En función de los diagramas de temperatura, precipitación y evapotranspiración potencial, descritos por PEREZ PINTO (1991) y en base a la clasificación de PAPADAKIS, se puede concluir que este ensayo enclavado en la localidad de Las Salas, en la Montaña de Riaño, corresponde a una zona considerada húmeda, con existencia de sequía estival, con influencia continental escasa y presenta un clima templado frío de tipo Mediterráneo.

2.2. Diseño general.

El ensayo se realizó de acuerdo con un diseño factorial 4^3 , donde los 64 tratamientos obtenidos provienen de todas las combinaciones posibles de los tres factores siguientes a cuatro niveles:

| Nitrógeno | Fósforo | Potasio |
|-----------|---------|---------|
| N0 | P0 | K0 |
| N1 | P1 | K1 |
| N2 | P2 | K2 |
| N3 | P3 | K3 |

El reparto de los diferentes tratamientos dentro de la parcela experimental fue al azar. El tamaño de la parcela experimental es de 7 x 3,5 m (24,5 m²). El diseño ocupa una superficie de 1.568 m².

Las dosis de N, P (P₂O₅) y K (K₂O) aplicadas fueron las siguientes:

N0 = sin nitrógeno

N1 = 60 kg N ha⁻¹ año⁻¹

N2 = 120 kg N ha⁻¹ año⁻¹

N3 = 180 kg N ha⁻¹ año⁻¹

P0 = sin fósforo

P1 = 80 kg P₂O₅ ha⁻¹ año⁻¹

P2 = 160 kg P₂O₅ ha⁻¹ año⁻¹

P3 = 240 kg P₂O₅ ha⁻¹ año⁻¹

K0 = sin potasio

K1 = 60 kg K₂O ha⁻¹ año⁻¹

K2 = 120 kg K₂O ha⁻¹ año⁻¹

K3 = 180 kg K₂O ha⁻¹ año⁻¹

Las dosis de fósforo son superiores a las del resto de los fertilizantes debido a la deficiencia generalizada de este elemento en los suelos de la montaña de León (CARPINTERO, 1966; MORO, 1986) y que se confirma en el análisis previo a la implantación del ensayo. Cada dosis de N-P-K, se representará en todas las tablas en orden creciente, dentro de cada elemento, por los números 0, 1, 2 y 3.

Se utilizaron los siguientes abonos y riquezas: el nitrógeno se aplicó en forma de Nitrato amónico-cálcico (20,5%); el fósforo como Superfosfato de cal (18%) y el potasio como Cloruro potásico (60%). Todos ellos se aplicaron en forma granulada para facilitar su distribución y se añadieron, manualmente en cada parcela, de una sola vez a finales de Marzo o principios de Abril, una vez que se ha fundido la nieve.

En este ensayo se pueden considerar dos períodos bien definidos según la frecuencia de siega: el primero desde 1978 a 1987, en que se realizaron dos cortes al año; y el segundo a partir de 1988, y que se mantiene en la actualidad, en que se intensificaron los aprovechamientos, con tres cortes al año, permaneciendo invariables los niveles de fertilización. En ambos sistemas se efectúa un pastoreo otoñal con ganado vacuno.

2.3. Muestreo.

Para el presente estudio se han utilizado 22 tratamientos de los 64 que componen el diseño general, correspondientes a los años 1985, 1986 y 1987, cuando se realizaban dos cortes al año, e igual número de 1989, 1990 y 1991, cuando se efectuaron tres cortes al año. No se ha tomado, intencionadamente, el año 1988 al ser el primero en el que se pasó de dos a tres cortes. El objeto de esta simplificación era abordar el estudio de la fertilización con el mínimo número de tratamientos que, sin perder información del efecto de cada uno de los elementos, se evitase la complejidad de todas las combinaciones posibles.

Además del testigo (0-0-0) los 21 tratamientos restantes que se escogieron están repartidos en siete bloques de tres tratamientos cada uno, con sus diferentes dosis, de acuerdo con el siguiente esquema:

Un primer grupo de tratamientos, de tres bloques, se estudió la influencia de cada fertilizante de forma aislada:

- Nitrogenado: 1-0-0, 2-0-0 y 3-0-0.
- Fosfatado: 0-1-0, 0-2-0 y 0-3-0.
- Potásico: 0-0-1, 0-0-2 y 0-0-3.

Un segundo grupo, también de tres bloques, para analizar la influencia de las combinaciones binarias:

- Nitro-fosfóricos: 1-1-0, 2-2-0 y 3-3-0.
- Nitro-potásicos: 1-0-1, 2-0-2 y 3-0-3.
- Fosfo-potásicos: 0-1-1, 0-2-2 y 0-3-3.

Además, se añadió un último bloque que nos permite apreciar los efectos de las combinaciones ternarias.

- Nitro-fosfo-potásicos: 1-1-1, 2-2-2 y 3-3-3.

La elección de las parcelas que recibían más de un fertilizante se hizo utilizando los mismos niveles de cada elemento, para que las condiciones de tratamiento resultasen semejantes a la hora de estudiar y comparar sus efectos sobre los diferentes parámetros.

En el momento de la siega, una vez recortada cada parcela para eliminar el efecto de los bordes, se medía una superficie aproximada de 10 m², se cortaba con motosegadora y se pesaba la producción en el campo mediante una red. De cada parcela se tomaban dos muestras medias representativas para la determinación de la materia seca y el análisis botánico. Estas se introducían, inmediatamente, en bolsas de plástico siendo cerradas herméticamente y trasladadas al laboratorio, conservándolas en cámara frigorífica a -18| C hasta su utilización.

Las siegas se realizaron en torno a la última semana de Junio y la primera de Septiembre en el caso de dos cortes (1985-87); cuando se utilizaron tres aprovechamientos (1989-91), las fechas fueron: primera semana de Junio y en la última de Julio y Septiembre. Con dos cortes se produce un intervalo entre aprovechamientos de once semanas; en el caso de tres el periodo de descanso se reduce a siete semanas entre el primer y segundo corte y nueve entre el segundo y tercero.

En cualquier caso las fechas de recolección de la hierba no eran fijas y variaban cada año en función de la climatología, ya que se trataba de realizarla cuando las condiciones fuesen apropiadas para poder efectuar la henificación en un periodo seco, tal como se hace en la zona.

2.4. Análisis de laboratorio.

2.4.1. Composición botánica.

Una vez descongeladas las muestras, se separaron manualmente en tres grupos: gramíneas, leguminosas y "otras" familias botánicas. Posteriormente se secaron en estufa de aire forzado y se pesaron. A partir de los datos se calculó el porcentaje de cada grupo en la muestra. Para el análisis por especies se siguió idéntico procedimiento.

2.4.2. Composición química y valor nutritivo.

La materia seca se determinó en el laboratorio en una estufa de aire forzado a 60| C durante 48 h. Este dato sirvió de base para el cálculo de las producciones (kg MS ha⁻¹). Una vez secas las muestras se molieron en un molino de martillos, tipo Culatti, con una luz de malla de 1 mm y posteriormente se encerraron en bolsas de plástico, con cierre hermético, para su posterior análisis.

La proteína bruta (N x 6,25) se determinó por el método Kjeldahl en un autoanalizador Tecator (Kjeltec Auto 1030 Analyzer) y la fibra bruta según la técnica de Weende, sometiendo a la muestra a la acción de una solución de H₂SO₄ y otra de KOH en ebullición en una unidad Tecator (Fiberteec System 1020 Hot Extractor). Las cenizas se determinaron por incineración total en horno de mufla a temperatura de 500| durante 12 h.

Para la determinación del valor nutritivo (UFL/kg MS) de los diferentes tratamiento, se utilizó la ecuación de predicción propuesta por el INRA (DEMARQUILLY, 1981), a partir de los contenidos en proteína bruta, fibra bruta y materia orgánica de las muestras. La producción de UFL ha⁻¹ se obtuvo aplicando el valor nutritivo a los rendimientos individuales de cada parcela.

2.5. Análisis estadísticos.

Para el análisis de las producciones se utilizó el paquete estadístico BMDP Statistical Software (1984), con el que se llevó a cabo un análisis de varianza. Para calcular las diferencias existentes entre cada dosis, en cada uno de los parámetros estudiados, se utilizó un contraste de Duncan, obteniendo la mínima diferencia significativa (MDS). Sobre los datos medios totales se procedió a un contraste de medias entre ambos ritmos de aprovechamiento (dos y tres cortes), usando la t de Student.

En el estudio de la composición botánica por especies, la ordenación de los inventarios se llevó a cabo mediante el Análisis Factorial de Correspondencias (BENZECRI, 1970) y la clasificación de los distintos tratamientos por el Análisis Twinspan (HILL, 1979). La diversidad de especies se determinó por el índice Shannon-Wiener (SHANNON y WEAVER, 1949).

3. PRODUCCIÓN.

Con los resultados de los rendimientos (kg MS ha^{-1}) se han elaborado dos tipos de tablas. En el primero (Tablas 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9) se hace un estudio detallado de la influencia de cada fertilizante simple (N, P y K), combinaciones binarias (NP, NK y PK) y ternarias (NPK), así como de la frecuencia de corte, sobre la producción. Estas tablas constan de dos secciones: en la superior se hace un análisis estadístico en cada corte, comparando las diferentes dosis del elemento o combinación estudiada con respecto al testigo. Se señala el grado de significación del análisis de la varianza y se expresan las mínimas diferencias significativas (MDS) para dicha significación. En la sección inferior se hace el mismo tipo de análisis para las producciones totales, añadiendo una comparación entre dos y tres cortes para cada nivel de fertilización, en el que se incluyen el porcentaje de diferencia y el nivel de significación entre ambos valores.

En el segundo tipo (Tablas 10 y 11) se exponen los rendimientos generales de los 22 tratamientos estudiados con dos frecuencias de corte. Para facilitar su comparación se indica el índice correspondiente de cada tratamiento respecto al testigo que toma valor 100.

Finalmente, mediante las Figuras correspondientes se expresan los rendimientos medios de los ocho tratamientos (Testigo, N, P, K, NP, NK, PK y NPK). En este caso cada uno de ellos, excepto el testigo, es la media de las tres dosis correspondientes.

De esta forma el efecto de la fertilización sobre las producciones se estudia primero de forma detallada, analizando el efecto de cada dosis y la frecuencia de corte en cada elemento o combinación y al final de cada capítulo se hace de forma general, sin tener en cuenta los niveles y tratando de obtener las acciones globales de los fertilizantes sobre el ecosistema prado. Esta misma sistemática, con ligeras variaciones, se adopta para el resto de los capítulos.

3.1. Variación en la cantidad de hierba cosechada.

3.1.1. Nitrógeno.

El nitrógeno es un factor esencial para el crecimiento y la obtención de buenos rendimientos, ejerciendo una acción intensa y rápida sobre la vegetación. Un prado bien provisto de nitrógeno brota pronto y adquiere un gran desarrollo de tallos y hojas con un color verde intenso debido a la abundancia de clorofila, lo que implica una intensa actividad asimiladora y por tanto un crecimiento activo. El nitrógeno es el elemento que determina los rendimientos y constituye la base del abonado (GROS, 1976; TISDALE y NELSON, 1991; SIMPSON, 1991).

En los prados permanentes el nitrógeno es el mejor acelerador del crecimiento ya que, además de elevar la curva sigmoidea de producción, permite una ganancia sustancial en precocidad, sobre todo en primavera época en que la hierba es más sensible al nitrógeno (LEMAIRE *et al.*, 1982).

En la Tabla 3 se presentan los efectos de diferentes niveles de fertilizantes nitrogenados sobre la cantidad de hierba cosechada con dos frecuencias de corte.

Dos cortes.

Aunque en Junio hay diferencias sustanciales entre los distintos tratamientos, sólo se establece significación entre el testigo y N1 (60 kg). En el corte de Septiembre no se aprecian diferencias significativas entre dosis. Respecto a los valores totales se observa un aumento notable de los rendimientos con 60 kg N, que roza la significación, y posteriormente un descenso ligero hasta N3 (180 kg).

PAPANASTASIS y KOUKOULAKIS (1988) indican incrementos de producción de 213% con 40 kg N y 142% con 80 kg N respecto al testigo (100%); como en el presente ensayo, se produce un descenso al elevar el nivel de nitrógeno.

Tres cortes.

En el de Junio se aprecia un incremento de los rendimientos con N1 respecto al testigo, bajando posteriormente de forma paulatinamente hasta N3, que tuvo la más baja. Las diferencias significativas se establecen del testigo con N1 y N2, así como de N1 con N3.

En los cortes de Julio y Septiembre no se aprecian diferencias significativas entre tratamientos, pero en el primero se detecta un ligero ascenso a medida que se incrementan las dosis de nitrógeno. En Septiembre se produce una depresión de los rendimientos con 120 kg N, situándose todas las dosis por debajo del testigo.

Las producciones totales siguen el mismo proceso que en caso de dos cortes, un aumento significativo en N1 respecto al testigo y un descenso paulatino hasta N3.

Comparación dos/tres cortes.

Con la fertilización nitrogenada se observa una disminución general de los rendimientos al aumentar la frecuencia de corte. Solamente con 180 kg N las diferencias fueron significativas con un descenso de un 25,4% en tres cortes.

Tabla 3.- Efecto de las dosis de NITROGENO y la frecuencia de corte sobre la producción de hierba (kg MS ha⁻¹).

| | DOSIS DE NITROGENO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|--|--|--------|---------|---------|------|--------|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | | |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 5.025a | 7.487b | 7.083ab | 7.137ab | * | 2.302 |
| Septiembre | 2.204 | 2.735 | 2.700 | 2.304 | NS | 1.106 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 3.491a | 5.067b | 4.988bc | 3.962ac | ** | 1.088 |
| Julio | 1.482 | 1.535 | 1.650 | 1.733 | NS | 658 |
| Septiembre | 1.437 | 1.393 | 1.057 | 1.351 | NS | 465 |
| Total (2C) | 7.229 | 10.222 | 9.783 | 9.441 | NS | 3.065 |
| Total (3C) | 6.410a | 7.995b | 7.695ab | 7.046ab | * | 1.327 |
| DIFERENCIA (%) | -11,3 | -21,8 | -21,3 | -25,4 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | * | | |
| PRODUCTIVIDAD (por kg fertilizante) | | | | | | |
| 2 CORTES | | 49,8 | 21,2 | 12,2 | | |
| 3 CORTES | | 26,4 | 10,7 | 3,5 | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Productividad.

De los rendimientos totales y las dosis señaladas en la Tabla 3 se deduce la productividad del nitrógeno expresada en kg MS/kg N. En el caso de dos cortes dicho parámetro desciende de forma señalada a medida que se incrementan los niveles de nitrógeno, tomando valores de 49,8 (60 kg N); 21,2 (120 kg N) y 12,2 (180 kg N) kg MS/kg N. Las productividades son más bajas en el caso de tres cortes: 26,4 (60 kg N); 10,7 (120 kg N) y 3,5 (180 kg N) kg MS/kg N.

La efectividad obtenida con 60 kg N en dos cortes es muy elevada; para el resto de las dosis (120 y 180 kg N) los valores son normales de acuerdo con la bibliografía. Así, SUAREZ *et al.* (1976) obtienen una respuesta media al nitrógeno (0-180 kg N) de 20 kg MS/kg N; RODRIGUEZ JULIA y DOMINGO (1987) señalan una productividad media en seis ensayos de 29 kg MS/kg N y GONZALEZ (1986) en una pradera bifita entre 13 y 20 kg MS/kg N. Por otra parte KRAJCOVIC *et al.* (1988b) con tres cortes consiguen 29,9 kg MS/kg N (con 50 kg N); FRAME (1987) entre 19,6 y 21,8 kg MS/kg N (con 80 kg N) y ARNAUD *et al.* (1983), 21 kg MS/kg N (0-180 kg N).

3.1.2. Fósforo.

La deficiencia en fósforo es una de las más extendidas a nivel mundial ya que las reservas del mismo, disponibles para las plantas en la mayoría de los suelos, son insuficientes para garantizar un cultivo comercialmente rentable (MOMBIELLA, 1986). Esta carencia es especialmente importante en los suelos (CARPINTERO, 1966; MORO, 1986) y henos de montaña (SUAREZ *et al.*, 1967; CALLEJA, 1976; GARCIA NAVARRO, 1988; PEREZ PINTO, 1991), debido a que el sistema pastoral funciona como un ciclo material abierto, con pérdida constante de fósforo a través de los animales (carne, leche, huesos). También hay pérdidas de nitrógeno y potasio, pero son compensadas en gran parte a partir de la fijación del nitrógeno atmosférico por las leguminosas y por las deyecciones de los animales en pastoreo o por el estercolado de los prados (MONTSERRAT, 1964). De hecho los suelos de la montaña leonesa están bien dotados, en general, de materia orgánica, nitrógeno total y tienen un nivel medio de potasio asimilable (CARPINTERO, 1966; MORO, 1986).

Por otro lado las deficiencias en fósforo, además de mermar los rendimientos de las cosechas, pueden producir determinadas enfermedades óseas (raquitismo) y esterilidad, sobre todo en animales jóvenes en crecimiento y en vacas lecheras de alta producción (GROS, 1976, UNDERWOOD, 1983). Por ello se justifica la necesidad de utilizar este elemento como fertilizante en cantidades adecuadas en función de la experimentación.

Las variaciones debidas a la fertilización fosfatada y a la frecuencia de corte se detallan en la Tabla 4.

Dos cortes.

En el de Junio se aprecia un incremento notable de los rendimientos con el aumento del nivel de fósforo, aunque en ningún caso existen diferencias significativas. En Septiembre aumentan ligeramente hasta P2 (160 kg), aunque tan sólo existen diferencias significativas entre el testigo y dicha dosis.

Las producciones totales siguen, como en Junio, una línea ascendente desde P1 (80 kg) a P3 (240 kg), siendo significativas las diferencias del testigo respecto a P2 y P3, superando ambos tratamientos los 10.000 kg MS ha⁻¹.

En tres ensayos de fertilización fosfatada de prados de montaña, SUAREZ *et al.* (1975), obtienen rendimientos superiores a los aquí expuestos en el corte de Junio, si bien aquella experiencia lleva base nitro-potásica. Señalan una clara efectividad del abono fosfatado con incrementos de hasta el 100%, aunque sólo la dosis más baja de las utilizadas (100 kg P ha⁻¹) fue rentable y capaz de subsanar la deficiencia en estos suelos. El óptimo económico lo alcanzan entre 60 y 100 kg P₂O₅, según el nivel de fósforo en el suelo. En nuestro caso, con dos cortes, sólo se consigue mejorar los rendimientos un 43% sobre el testigo con la dosis más alta. Por su parte IRIARTE, (1985) indica unos resultados semejantes, ya que el máximo lo obtiene con 200 kg P ha⁻¹ (10.101 kg MS ha⁻¹), aunque sólo considera rentable la dosis de 100 kg P ha⁻¹ (9.143 kg MS ha⁻¹). Por el contrario PAPANASTASIS y KOUKOULAKIS (1988), logran incrementos de 177% con 40 kg P ha⁻¹ y 151% con 80 kg P ha⁻¹ respecto al testigo (100%).

Tres cortes.

Igual que ocurre en Junio con dos aprovechamientos, los rendimientos ascienden de forma paulatina con los niveles crecientes de fósforo, resultando la dosis P3 (240 kg) la más productiva. Sólo se establecen diferencias significativas entre el testigo y dicha dosis.

En el aprovechamiento de Julio los aumentos son muy suaves y no alcanzan significación. Respecto a Septiembre se consiguen mejoras más apreciables, lográndose un máximo con 160 kg P; las diferencias significativas se establecen entre el testigo y las dosis de 160 y 240 kg P.

Tabla 4.- Efecto de las dosis de FÓSFORO y la frecuencia de corte sobre la producción de hierba (kg MS ha⁻¹).

| | DOSIS DE FÓSFORO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|--|--|---------|---------|---------|------|--------|
| | 0 | 80 | 160 | 240 | | |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 5.025a | 5.050 | 6.716 | 7.095 | NS | 2.764 |
| Septiembre | 2.204a | 3.201ab | 3.412b | 3.278ab | * | 1.188 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 3.491a | 4.714ab | 5.804ab | 7.299b | * | 2.931 |
| Julio | 1.482 | 2.132 | 2.145 | 2.266 | NS | 1.451 |
| Septiembre | 1.437a | 2.096ab | 2.563b | 2.505b | * | 1.010 |
| Total (2C) | 7.229a | 9.251ab | 10.128b | 10.373b | * | 2.250 |
| Total (3C) | 6.410a | 8.915ab | 10.512b | 12.070b | ** | 3.649 |
| DIFERENCIA (%) | -11,3 | -3,6 | 3,8 | 16,3 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |
| PRODUCTIVIDAD (por kg fertilizante) | | | | | | |
| 2 CORTES | | 25,2 | 18,1 | 13,1 | | |
| 3 CORTES | | 31,3 | 25,6 | 23,5 | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

En los rendimientos totales se aprecia un desarrollo muy importante con las dosis de fósforo, superando los 12.000 kg MS ha⁻¹ con 240 kg P; se observan diferencias significativas del testigo con P2 y P3. Estas cifras son superiores a las indicadas por REMON (1976) que con 60 kg P obtiene una media de 6.412 kg MS ha⁻¹ en cuatro cortes, superando al testigo en un 43%; a las dadas por RODRIGUEZ JULIA y DOMINGO (1987) y ARNAUD *et al.* (1983), con rendimientos medios de 4.000 kg MS ha⁻¹ (30-60 kg P). Por su parte KRYNSKI (1989) señala incrementos ligeros, desde 8.360 a 9.520 kg MS ha⁻¹ con la fertilización fosfórica (0-150 kg ha⁻¹). Nuestro caso con tres cortes se aumentó la producción total un 39% con 80 kg P y un 88% con 240 kg P respecto al testigo.

Comparación dos/tres cortes.

Con 80 kg P se aprecia un descenso en tres cortes (3,6%), pero a medida que los niveles de fósforo se hacen más elevados se presenta un efecto positivo al aumentar la frecuencia de corte: incremento ligero con 160 kg P (3,8%) y más acentuado con 240 kg P (16,3%). En ningún caso estas diferencias son significativas.

Productividad.

Respecto a la del fósforo, deducida de los rendimientos totales (Tabla 4), se puede afirmar que en dos cortes desciende a medida que se incrementan los niveles del mismo: 25,2 (80 kg P), 18,1 (160 kg P) y 13,1 (240 kg P) kg MS/kg P. Por el contrario, en el caso de tres cortes toma valores más altos: 31,3 (80 kg P), 25,6 (160 kg P) y 23,5 (240 kg P) kg MS/kg P, con una caída menos acusada. La productividad en P1 (dos cortes) es semejante a la obtenida por SUAREZ *et al.* (1975) con 100 kg P (26,5 kg MS/kg P). Por su parte ARNAUD *et al.* (1983) señalan una productividad media más baja (10 kg MS/kg P); RAMON (1986) consigue 18,2 kg MS/kg P (0-60 kg P ha⁻¹) con tres cortes.

3.1.3. Potasio.

El esfuerzo investigador dedicado a la fertilización potásica ha sido notablemente menor que el dedicado al fósforo. La causa se atribuye a que la deficiencia de éste elemento en el suelo está menos generalizada, ya que la mayoría de los abonos orgánicos utilizados en los prados contienen cantidades apreciables de este elemento, por lo que las respuestas de los prados a la fertilización potásica no era tan espectacular como la del fósforo o nitrógeno (MOMBIELLA, 1986). No obstante, el primer coloquio del Instituto Internacional de la Potasa, en 1963, reconocía la importancia de este elemento, sobre todo, para la obtención de altos rendimientos en leguminosas. Por otro lado las necesidades de potasio son mucho mayores en los prados de siega que en los pastados, ya que en los primeros no se produce el reciclado de dicho elemento a través de las excretas de los animales.

La Tabla 5 nos muestra los rendimientos obtenidos con la fertilización potásica en los dos sistemas de explotación.

Dos cortes.

En el primer aprovechamiento se logran incrementos poco importantes que no alcanzan significación. Los rendimientos se mantienen constantes en K1 (60 kg) y K2 (120 kg) y se elevan ligeramente en K3 (180 kg). En el corte de Septiembre tampoco hay diferencias significativas y los aumentos son también muy tenues y tan sólo en K3 se origina un ligero ascenso. En la producción total no se alcanzó significación pero si se aprecia una subida débil en K1, K2 y más acusada en K3, superando éste último tratamiento 9.500 kg MS ha⁻¹.

PAPANASTASIS y KOUKOULAKIS (1988) con 50 kg K indican aumentos de producción de 148% respecto al testigo (100%), aunque son inferiores a los obtenidos con el nitrógeno y el fósforo de forma individual.

Tres cortes.

La producción en Junio se incrementa de forma notable y significativa, en relación con el testigo, con la primera dosis de potasio para luego producirse un descenso lento hasta K3. En el segundo y tercer corte hay también un aumento con K1, baja en K2 y se recupera algo en K3, aunque sin llegar a los niveles de la primera dosis, no existiendo diferencias significativas. En relación con la producción total se encuentran diferencias significativas entre el testigo y K1, que tiene el valor más elevado (8.615 kg MS ha⁻¹). Por el contrario K2 y K3, con rendimientos similares, permanecen en un nivel inferior.

REMON (1976) obtiene una respuesta muy débil al potasio, con un incremento de un 2% respecto al testigo, al igual que IRIARTE (1985), aunque en este caso las producciones son semejantes a las conseguidas en el ensayo aquí descrito. Otros autores (GOMEZ IBARLUCEA *et al.*, 1981; RODRIGUEZ JULIA y DOMINGO, 1987) señalan igualmente una escasa respuesta de la pradera a las aplicaciones de potasio, aunque indican que va aumentando en años sucesivos y se manifiesta más claramente en el transcurso del tiempo, lo que puede ser explicado por las continuas extracciones que tienen lugar en este tipo de ensayos manejados exclusivamente en régimen de siega.

Tabla 5.- Efecto de las dosis de POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de hierba (kg MS ha⁻¹).

| | DOSIS DE POTASIO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|--|--|--------|---------|---------|------|--------|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | | |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 5.025a | 5.626 | 5.698 | 7.095 | NS | 2.532 |
| Septiembre | 2.204 | 2.757 | 2.779 | 3.278ab | NS | 1.282 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 3.491a | 4.865b | 4.253ab | 4.070ab | * | 1.111 |
| Julio | 1.482 | 1.884 | 1.577 | 1.670 | NS | 936 |
| Septiembre | 1.437a | 1.866 | 1.410 | 1.533 | NS | 762 |
| Total (2C) | 7.229a | 8.383 | 8.477 | 9.519 | NS | 2.723 |
| Total (3C) | 6.410a | 8.615b | 7.240ab | 7.273ab | ** | 1.919 |
| DIFERENCIA (%) | -11,3 | 2,8 | -14,6 | -23,6 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |
| PRODUCTIVIDAD (por kg fertilizante) | | | | | | |
| 2 CORTES | | 19,2 | 10,4 | 12,7 | | |
| 3 CORTES | | 36,7 | 6,9 | 4,7 | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Por el contrario KRYNSKI (1989), en un ensayo con tres cortes, obtiene una significativa influencia del potasio (0-300 kg K), mejorando los rendimientos totales desde 3.830 a 9.460 kg MS ha⁻¹. A raíz de numerosas pruebas en Francia, CASTILLON (1992) pone de manifiesto que en un 55% de los ensayos la potasa permite un incremento de la biomasa recolectada de más de 1.000 kg MS ha⁻¹.

Por su parte ARNAUD *et al.* (1983) refuerzan las tesis anteriores señalando que la potasa es un elemento limitante en los prados de siega, preconizando una dosis de 160 kg K en presencia de 180 kg N para conseguir 9-10.000 kg MS ha⁻¹.

Comparación dos/tres cortes.

En el caso de la fertilización potásica se observa un descenso de la producción al intensificar los aprovechamientos con una disminución de un 14,6% con 120 kg K y 23,6% con 180 kg K. En el caso de 60 kg K los tres cortes resultan ligeramente más eficaces (2,8%).

Al comparar ambas frecuencia de corte se produce una divergencia en las respuestas ya que en dos cortes se observa un incremento débil al pasar de K1 a K2, pero importante entre K2 y K3 (32% sobre el testigo). Por el contrario en tres cortes sucede lo contrario, una disminución entre K1 y K3, siendo K1 la dosis más efectiva. En ambos casos los porcentajes de aumento respecto al testigo son casi idénticos.

Productividad.

En el caso de dos cortes hay que resaltar que los valores obtenidos: 19,2 (60 kg K); 10,4 (120 kg K) y 12,7 (180 kg K) kg MS/kg K, son inferiores a los conseguidos con la fertilización nitrogenada y fosfatada. Sin embargo, cuando se realizan tres aprovechamientos, K1 toma un valor muy elevado (36,7 kg MS/kg K), superior al fósforo y sólo sobrepasado por la de N1 en dos cortes (49,8 kg MS/kg N). Esto nos indica la importancia que va adquiriendo este elemento a medida que se intensifica la explotación. Por el contrario en K2 y K3 (6,9 y 4,7 kg MS/kg K) las productividades son inferiores a sus homólogos del fósforo.

También ARNAUD *et al.* (1983) señalan valores máximos con tres cortes en la primera dosis (0-80 kg K) con una productividad de 37 kg MS/kg K, pero bajando en la segunda dosis (80-160 kg K) a 7 kg MS/kg K; ambas cifras son semejantes a las nuestras. Por el contrario RAMON (1986), obtiene menor efectividad (8,5 kg MS/kg K) en el intervalo 0-170 kg K ha⁻¹.

3.1.4. Nitrógeno-Fósforo.

Dos cortes.

Según se indica en la Tabla 6, en el aprovechamiento de Junio se manifiesta un incremento notable de los rendimientos, con diferencias significativas entre el testigo y los distintos niveles de NP; por el contrario en Septiembre éstos mantienen los mismos valores no apreciándose diferencias significativas.

En las producciones totales hay diferencias significativas entre el testigo y los niveles de NP, pero no entre las distintas dosis. En conjunto se aprecia una respuesta débil entre N1P1 (180-240 kg) y N3P3 (180-240 kg), no obstante con este último tratamiento se logra un ascenso del 62% sobre el testigo.

NICZYPORUK y MORACZEWSKI (1987), en un ensayo de larga duración (24 años) con dos cortes en Checoslovaquia, superaron al testigo en un 161% con NP (80-28 kg), porcentaje semejante al aquí encontrado (162% con 180-240 kg NP).

TOTEV y KOEV (1990) en un prado permanente de las montañas de Bulgaria obtiene con una fertilización NP (100-100 kg) un aumento de la producción de un 213% respecto al testigo (100%) y PAPANASTASIS y KOUKOULKIS (1988) en las montañas de Pindus (Grecia) también la mejoran en un 276% con NP (80-80 kg).

Tres cortes.

En Junio se logra un crecimiento significativo ($\bar{O} = 0,001$) entre el testigo y todos los niveles de NP, aunque tampoco hay diferencias sustanciales entre las dosis. Los valores más elevadas se consiguen con N2P2 (120-160 kg). En el segundo corte se origina un incremento en N1P1 respecto al testigo, para luego disminuir progresivamente hasta N3P3. En el tercer aprovechamiento la curva de crecimiento es similar a la del segundo aunque más atenuada; aumento en N1P1 para luego disminuir hasta N3P3, aunque en este caso hay diferencias significativas entre el testigo y N1P1.

Respecto a las producciones totales hay que señalar que se manifiesta un incremento muy importante, y significativo, entre el testigo y los diferentes valores de NP. Sin embargo, igual que ocurría en dos cortes, apenas hay diferencias entre los distintos tratamientos de NP, resultando similares los valores de N1P1 y N3P3, superando ampliamente los conseguidos por ARNAUD *et al.* (1983), que se cifran en 6.000 kg MS ha⁻¹ con NP (180 kg N y 30-60 kg P).

Tabla 6.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO-FÓSFORO y la frecuencia de corte sobre la producción de hierba (kg MS ha⁻¹).

| DOSIS DE NITRÓGENO-FÓSFORO kg ha⁻¹ año⁻¹ | | | | | | |
|---|--------|---------|---------|---------|------|--------|
| | 0-0 | 60-80 | 120-160 | 180-240 | SIG. | M.D.S. |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 5.025a | 8.103b | 8.320b | 8.774b | NS | 2.860 |
| Septiembre | 2.204 | 2.915 | 2.967 | 2.956 | * | 1.041 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 3.491a | 7.560b | 8.069b | 7.575b | * | 2.133 |
| Julio | 1.482 | 2.000 | 1.673 | 1.575 | NS | 998 |
| Septiembre | 1.437a | 2.084b | 1.543ab | 1.515ab | * | 595 |
| Total (2C) | 7.229a | 11.018b | 11.287b | 11.730b | * | 3.760 |
| Total (3C) | 6.410a | 11.644b | 11.285b | 10.665b | ** | 3.142 |
| DIFERENCIA(%) | -11,3 | 5,7 | -0,02 | -9,1 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Comparación dos/tres cortes.

Se advierte una cierta divergencia entre ambas frecuencias de corte. Mientras en dos cortes aumentan las producciones al hacerlo el nivel de NP, con tres aprovechamientos se ocasiona una disminución, aunque en ambos casos es poco acusada.

Con tres cortes se aprecia un ligero incremento de los rendimientos en N1P1 (5,7%), se igualan en N2P2 y se hacen negativos en N3P3 (9,1%), no obteniéndose diferencias significativas entre ambas frecuencias de corte.

3.1.5. Nitrógeno-Potasio.

Dos cortes.

En el de Junio se observa, Tabla 7, un aumento débil de los rendimientos en N1K1 (60-60 kg) y N2K2 (120-120 kg), con fuerte subida en N3K3 (180-180 kg) que presenta diferencias significativas con el testigo. Por el contrario en el corte de Septiembre es más sostenida, con un crecimiento similar en todos los tratamientos, no encontrándose diferencias significativas.

Respecto a la producción total se comprueba la misma tendencia que en el primer corte, un ascenso importante en las dos primeras dosis de NK y un fuerte impulso en el nivel más alto (N3K3). Solo hay diferencias significativas entre el testigo y 180-180 kg NK.

En experimentos realizados en tres prados de montaña por SUAREZ *et al.* (1975), abonados con NK (60-80 kg), se consiguen unos rendimientos medios en el corte de Junio de 6.591, 6.194 y 7.567 kg MS ha⁻¹, cifras bastante similares a las obtenidas en éste ensayo. NICZYPORUK y MORACZEWSKI (1987) con 80-62 kg NK, muestran valores más altos con NK (5.260 kg MS ha⁻¹) que con NP (4.500 kg MS ha⁻¹).

Diversos autores (TOTEV y KOEV, 1990; PAPANASTASIS y KOUKOULAKIS, 1988) señalan valores más bajos en NK que en NP, con incrementos muy importantes sobre el testigo pero con cifras absolutas muy inferiores a las nuestras.

Por otra parte HUCHE *et al.* (1990) afirman que existe una gran sinergia entre la fertilización nitrogenada y la potásica sobre la producción total, constituyendo el potasio el principal factor limitante después del nitrógeno y obtienen que el efecto positivo de una fertilización nitrogenada intensiva (320 kg N) es máximo con un aporte anual de 300 kg K. Por el contrario en régimen nitrogenado no intensivo (160 kg N) el efecto positivo de la fertilización potásica es débil. En nuestro caso la acción eficaz de la combinación binaria NK se aprecia con una dosis alta de potasio (180 kg K) cuando va acompañada de fuertes niveles de nitrógeno (180 kg N), sobre todo en dos cortes.

Tres cortes.

En el primero hay diferencias significativas del testigo con respecto a N1K1 y N3K3, que fue el tratamiento más elevado, la dosis intermedia (N2K2) tuvo el rendimiento más bajo.

En Julio se logra una elevación, no significativa, de las producciones con los diferentes tratamientos, si bien N1K1 se sitúa por debajo del testigo. En el tercer corte hay una caída importante en N2K2, con valores inferiores al testigo, que origina que se manifiesten diferencias significativas entre éste tratamiento y los restantes (N1K1 y N3K3), pero no con el testigo.

Tabla 7.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO-POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de hierba (kg MS ha⁻¹).

| DOSIS DE NITRÓGENO-FÓSFORO kg ha⁻¹ año⁻¹ | | | | | | |
|---|---------|---------|---------|---------|------|--------|
| | 0-0 | 60-60 | 120-120 | 180-180 | SIG. | M.D.S. |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 5.025a | 6.549ab | 6.921ab | 8.215b | * | 2.364 |
| Septiembre | 2.204 | 2.830 | 2.681 | 2.975 | NS | 1.098 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 3.491a | 5.298b | 4.709ab | 5.941b | ** | 1.479 |
| Julio | 1.482 | 1.414 | 1.904 | 2.139 | NS | 1.029 |
| Septiembre | 1.437ab | 1.566a | 966b | 1.601a | * | 477 |
| Total (2C) | 7.229a | 9.379ab | 9.602ab | 11.190b | * | 3.259 |
| Total (3C) | 6.410a | 8.278ab | 7.579a | 9.681b | ** | 1.899 |
| DIFERENCIA(%) | -11,3 | -11.7 | -21,1 | -13,5 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

En los rendimientos totales, que están muy influenciados por la merma en la dosis intermedia (N2K2), aparecen diferencias significativas, en los cortes de Junio y Septiembre, entre el testigo y N3K3, así como entre los tratamientos menos (N2K2) y más productivos (N3K3).

Comparación dos/tres cortes.

La combinación nitro-potásica es menos efectiva en sus diferentes niveles con tres cortes. Al aumentar las dosis de NK se produce una depresión en los rendimientos de 11,7% con 60-60 kg NK; 21,1% con 120-120 kg NK y 13,5% con 180-180 kg NK, no apreciándose diferencias significativas entre ambas frecuencias de corte.

En dos cortes se aprecia un incremento sustancial de la producción con NK en Junio, Septiembre y en la suma de ambas, resultando muy eficaz la dosis alta (N3K3) que superó los 11.000 kg MS ha⁻¹. En tres cortes tiene un comportamiento más irregular y menos claro, ya que algunas combinaciones tienen unos valores inferiores al testigo (N1K1 en Julio y N2K2 en Septiembre). La producción total aumenta con los niveles de NK aunque se aprecia una depresión en N2K2.

3.1.6. Fósforo-Potasio.

Dos cortes.

Con el abonado PK (Tabla 8) se manifiesta en Junio un crecimiento notable de los rendimientos desde el testigo hasta la dosis P2K2 (160-120 kg) en que se estabilizan, igualándose con el P3K3 (240-180 kg). Las diferencias significativas se establecen entre P2K2 y P3K3 con el testigo. Por el contrario, en Septiembre, la significación se produce entre el testigo y P1K1 (80-60 kg) y P2K2 (160-120 kg).

La producción total presenta fuertes incrementos significativos entre el testigo y los distintos niveles de PK, aunque se observan escasas diferencias entre los tratamientos fosfo-potásicos. La mayor cuantía se logra con P2K2 (10.941 kg MS ha⁻¹) aunque en el resto de las dosis también se superaron los 10.000 kg MS ha⁻¹.

Estos resultados son algo superiores a los señalados por SUAREZ *et al.* (1976) que con una dosis semejante de PK a la empleada en éste ensayo (130-80 kg) obtienen un rendimiento media de 8.420 kg MS ha⁻¹; así como a los de NICZPORUK y MORAZCEWSKI (1987) que alcanzan con PK valores superiores a los conseguidos con NP pero inferiores a NK, aunque con escasas diferencias entre ellas. Algunos autores (TOTEV y KOEV, 1990; PAPANASTASIS y KOUKOULAKIS, 1988), obtienen con PK producciones más bajas que con NP o NK.

Tabla 8.- Efecto de las dosis de FÓSFORO-POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de hierba (kg MS ha⁻¹).

| DOSIS DE FÓSFORO-POTASIO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | | | |
|--|--------|---------|---------|---------|------|--------|
| | 0-0 | 80-60 | 160-120 | 240-180 | SIG. | M.D.S. |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 5.025a | 6.786ab | 7.406b | 7.394b | * | 2.147 |
| Septiembre | 2.204a | 3.402b | 3.535b | 3.057ab | * | 985 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 3.491a | 6.791ab | 6.472ab | 7.795b | * | 3.416 |
| Julio | 1.482 | 2.574 | 2.459 | 2.828 | NS | 1.585 |
| Septiembre | 1.437a | 2.361b | 2.316b | 3.104b | ** | 870 |
| Total (2C) | 7.229a | 10.188b | 10.941b | 10.451b | * | 2.481 |
| Total (3C) | 6.410a | 11.726b | 11.247b | 13.727b | ** | 4.699 |
| DIFERENCIA(%) | -11,3 | 15,1 | 2,8 | 31,3 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Tres cortes.

Refiriéndonos al primero de ellos, se establecen diferencias significativas entre el testigo y P3K3, que es la dosis más eficaz, hecho que se repite en los demás cortes si bien en el segundo no existe significación y en tercero lo hacen todas las dosis fosfo-potásicas.

Si bien en la producción total se consiguen crecimientos muy importantes con diferencias significativas respecto al testigo, hay que destacar el elevado rendimiento alcanzado por 240-180 kg PK que, con 13.727 kg MS ha⁻¹ de media en tres años, fue el tratamiento más elevado de todo el ensayo.

REMON (1976) consigue valores altos con PK (8.589 kg MS ha⁻¹) y afirma que las fórmulas fosfo-potásicas superan en cantidad y calidad a cualquier otra combinación incluida la NPK. Este hecho fue ya puesto de manifiesto en varios ensayos en la Cornisa Cantábrica a principios de siglo por BARCIA y TRELLES (1906).

Por el contrario RODRIGUEZ JULIA y DOMINGO (1987), señalan la falta de respuesta al abonado fosfo-potásico que achacan a la baja proporción de especies productivas capaces de responder positivamente a la nutrición mineral.

Comparación dos/tres cortes.

En función de los datos expresados en la Tabla 8, cabe destacar que el abonado fosfo-potásico favorece, de forma importante, la producción de hierba en tres cortes. Así en P1K1 se incrementaron un 15,1%; 2,8% en P2K2 y 31,3% en P3K3. En cualquier caso no hubo diferencias significativas entre las dos frecuencias de corte.

El efecto positivo del abonado PK en tres cortes es más eficaz que cuando se aplica fósforo aisladamente, ya que en éste último caso sólo mejoraron los rendimientos con 160 kg P (3,8%) y 240 kg P (16,3%). La combinación fosfo-potásica es la que presenta unos valores más favorables con tres cortes, sobre todo en su nivel más alto.

En el caso de dos aprovechamientos se producen pequeñas diferencias entre los diferentes niveles de abonado fosfo-potásico, con un máximo en P2K2. Esto se debe a que a medida que los efectos de las fertilizaciones anuales, sobre todo fosfo-potásicas, se van acumulando en el suelo las necesidades, para mantener altos rendimientos, disminuyen. Aunque los prados de siega consumen cantidades importantes de PK, aplicaciones anuales de 60-100 kg de PK (SUAREZ *et al.*, 1976) serían suficientes para mantener los niveles productivos en un sistema extensivo (dos siegas al año), como el presente ensayo que lleva fertilizándose del mismo modo desde 1978 (PUENTE *et al.*, 1981).

Por el contrario en un sistema semi-intensivo de tres cortes los efectos del abonado PK son más patentes, duplicándose los rendimientos respecto al testigo en cada corte y en la total con

la dosis más alta (P3K3). Así pues, a medida que se intensifica la explotación son necesarias dosis más altas para desarrollar elevadas biomásas en todos los cortes, de esta forma es posible alcanzar 13.727 kg MS ha⁻¹.

Sin embargo, la producción de los prados no depende solo de la reserva de nutrientes asimilables existentes en el suelo, sino que intervienen otra serie de factores como son los climáticos (humedad, temperatura), así como la forma, época e intensidad de explotación (DIETL, 1988). En función de estos parámetros los diferentes autores señalan valores muy distintos. Así LIHAN y JEZIKOVA (1991) con 31-83 kg PK obtienen 4.250 kg MS ha⁻¹ en tres cortes; MIKOLAJCZAK y NOWAK (1985), 5.390 kg MS ha⁻¹ con 72-100 kg PK; GOLOB *et al.* (1989), 7.000 kg MS ha⁻¹, en 2-3 cortes, con 80-120 kg PK; ELSASSER y KUNZ (1988), 10.700 kg MS ha⁻¹ con 120-200 kg PK y JO y SCHECHTNER (1989, 1990a), 6.360 kg MS ha⁻¹ con 240-96 kg PK.

3.1.7. Nitrógeno-Fósforo-Potasio.

Dos cortes.

En el caso de Junio se establecen diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos de NPK (Tabla 9). La producción máxima coincide con N3P3K3 (180-240-180 kg), con valores similares en los dos primeros niveles. Por el contrario en Septiembre N1P1K1 (60-80-60 kg) fue el tratamiento más eficaz y el que obtuvo diferencias significativas con el testigo, mientras que N3P3K3 adquiere la tasa más baja; ambos cortes siguen una secuencia divergente.

Los rendimientos totales acusan diferencias poco apreciables entre los tratamientos con NPK, estableciéndose diferencias significativas con respecto al testigo.

En ensayos con niveles de fertilización similares a los de ésta Memoria, SUAREZ *et al.* (1975) obtienen, en un único aprovechamiento, rendimientos semejantes al hallado en el corte de Junio con 60-160-80 kg NPK. Con dos cortes, SUAREZ *et al.* (1976) consiguen 11.559 kg MS ha⁻¹ con 180-130-80 kg NPK; por su parte IRIARTE (1985), en Navarra, alcanza un máximo de 10.524 kg MS ha⁻¹ con 75-100-100 kg NPK, valores ligeramente inferiores a los aquí expuestos. RODRIGUEZ JULIA y ASCAZIBAR (1988) logran una media de 6.000 y 11.000 kg MS ha⁻¹, en prados de Alava y Vizcaya respectivamente, con un abonado medio.

En general los valores indicados en la bibliografía consultada son más bajos que los de este ensayo, muchas veces por utilizar cantidades más bajas de NPK o por desarrollarse los experimentos en condiciones más difíciles de clima y suelo. En todos los casos las combinaciones NPK elevan mucho los rendimientos en comparación con las combinaciones binarias o unitarias.

Tabla 9.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO-FÓSFORO-POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de hierba (kg MS ha⁻¹).

| DOSIS DE NITRÓGENO-FÓSFORO-POTASIO kg ha⁻¹ año⁻¹ | | | | | | |
|---|--------|----------|-------------|-------------|------|--------|
| | 0-0-0 | 60-80-60 | 120-160-120 | 180-240-180 | SIG. | M.D.S. |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 5.025a | 8.756b | 8.663b | 9.769 | ** | 2.772 |
| Septiembre | 2.204a | 3.417b | 2.967 | 2.834ab | * | 1.231 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 3.491a | 7.580b | 8.370b | 9.280b | *** | 1.946 |
| Julio | 1.482 | 2.049 | 2.017 | 2.099 | NS | 1.214 |
| Septiembre | 1.437a | 2.279b | 2.212b | 1.789ab | * | 738 |
| Total (2C) | 7.229a | 12.227b | 11.917b | 12.603b | ** | 3.308 |
| Total (3C) | 6.410a | 11.908b | 12.599b | 13.168b | *** | 3.583 |
| DIFERENCIA(%) | -11,3 | -2,6 | 5,7 | 4,5 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

En ensayos llevados a cabo por TOTEV y KOEV (1990), las producciones oscilan desde 4.380 kg MS ha⁻¹ con 50-50-50 kg NPK hasta un máximo de 9.038 kg MS ha⁻¹ con 150-150-150 kg NPK; PAPANASTASIS y KOUKOULAKIS (1988) obtienen el máximo (5.332 kg MS ha⁻¹) con 80-80-50 kg NPK; NICZYPORUK y MORACZWSKI (1987), en un experimento de 24 años de duración, señalan el mejor rendimiento (6.010 kg MS ha⁻¹) con 80-28-64 kg NPK; RAMON y JOURDAN (1987), con 160-100-200 kg NPK alcanzan de media 7.340 kg MS ha⁻¹; MORRISON, (1988) consigue en dos cortes 8.200 kg MS ha⁻¹ en una mezcla de gramíneas con trébol blanco, añadiendo 100 kg de N a una base fosfo-potásica y 8.500 kg MS ha⁻¹ con gramíneas solas incrementando el nitrógeno hasta 400 kg ha⁻¹.

Tres cortes.

El de Junio presenta un aumento claro de las producciones a medida que se elevan las dosis de NPK, si bien la única diferencia significativa ($\bar{O}=0,001$) se establece con el testigo. En el corte de Julio no se observan diferencias significativas y presenta unos rendimientos uniformes. En Septiembre, igual que ocurría en dos cortes, hay un descenso al aumentar las dosis de NPK; tan solo se establecen diferencias significativas entre el testigo y las dos primeras dosis de NPK.

En relación a los valores totales se advierte un aumento claro y progresivo con el incremento de la fertilización aunque, como en los casos anteriores, únicamente se establecen diferencias altamente significativas ($\bar{O} = 0,001$) con el testigo.

En prados de Santander REMON (1976), con cuatro cortes, señala unos rendimientos inferiores ya que logra 10.217 kg MS ha⁻¹ con 160-60-67 kg NPK. En nuestro experimento se producen ya una media de 11.908 kg MS ha⁻¹ con la dosis más baja (60-80-60 kg NPK); estos datos están en la línea de los conseguidos en los caseríos Guipuzcoanos (AMELLA y FERRER, 1990), o en prados del Pirineo Central (FERRER *et al.* 1990).

Dentro de la bibliografía extranjera sólo algunos de los autores consultados obtienen rendimientos iguales o superiores con tres cortes. En este sentido KRZYWY *et al.* (1988) señalan 11.580 kg MS ha⁻¹ con 240-52,8-150 kg NPK; BANSZKI, (1991), consigue 11.340 kg MS ha⁻¹ con el tratamiento más eficiente (300-25-50 kg NPK), aunque la máxima producción (13.820 kg MS ha⁻¹) fue con 400-150-300 kg NPK; JO y SCHECHTNER (1990a) en un ensayo de 18-26 años alcanzan el máximo (12.990 kg MS ha⁻¹) con 360-96-240 kg NPK, aunque también consiguen excelentes rendimientos (12.600 kg MS ha⁻¹) con 270-96-240 kg NPK.

Por el contrario otros autores citan cantidades inferiores también con tres cortes; éste es el caso de LIHAN y JEZIKOVA (1991), 8.000 kg MS ha⁻¹ con 200-62-160 kg NPK; KRAJCOVIC *et al.* (1988b), 6.500 kg MS ha⁻¹ con 300-32-83 kg NPK; GRAWOWSKI (1986), 10.700 kg MS ha⁻¹ con 150-100-150 kg NPK; MIKOLAJCZAK y NOWAK (1985), 9.120 kg MS ha⁻¹ con 480-72-100 kg NPK, aunque con una dosis más baja de nitrógeno (240 kg) ya obtiene rendimientos apreciables (8.780 kg MS ha⁻¹); SKOLIMOWSKI *et al.* (1989), incrementaron un 82% respecto al testigo con 210-44-100 kg NPK; KRYNSKI (1989), 9.520 kg MS ha⁻¹ con 240-150-240 kg NPK; RAMON y JOURDAN (1986), señalan un rendimiento óptimo de 8.640 kg MS ha⁻¹ con 170-80-160 kg NPK y en otro ensayo 9.020 kg MS ha⁻¹ con 180-150-239 kg NPK; por otra parte RAMON (1986) obtiene 8.610 kg MS ha⁻¹ con 180-90-170 kg NPK.

Comparación dos/tres cortes.

Con el abonado nitro-fosfo-potásico se establecen diferencias poco marcadas entre ambas frecuencias de corte. Con tres aprovechamientos se origina una ligera depresión (2,6%) en la producción con 60-80-60 kg NPK; por el contrario, en las dosis media (120-160-120 kg) y alta (180-240-180 kg) se obtienen incrementos muy débiles (5,7 y 4,5%, respectivamente). En conjunto no se aprecian diferencias significativas entre ambos sistemas.

Comparando los rendimientos obtenidos con dos y tres cortes, GRABOWSKI *et al.* (1991), en un prado permanente con cuatro niveles de NPK, consiguen una ligera ventaja con tres cortes; así la media de dos cortes fue de 7.870 kg MS ha⁻¹ frente a los 8.190 kg MS ha⁻¹ con tres. Los mejores resultados los obtuvo con 120-80-120 kg NPK (7.760 kg MS ha⁻¹ en dos cortes

frente a 7.880 kg MS ha⁻¹ en tres) y con 180-120-180 kg NPK (8.060 frente a 8.830 kg MS ha⁻¹ respectivamente).

Por el contrario YOOK y JACOB (1989), confrontando la producción obtenida con dos y tres cortes con diferentes niveles de nitrógeno añadidos a una base fosfo-potásica (150-250 kg PK), logran siempre una ligera ventaja a favor de dos cortes, aunque sin diferencias significativas. Indican que el efecto más positivo se produce en dos cortes con una dosis de 200 kg N, 14.490 kg MS ha⁻¹ frente a 13.020 kg MS ha⁻¹ en tres cortes. Con 100 kg N se alcanzan los 10.910 kg MS ha⁻¹ (dos cortes) respecto a 10.770 kg MS ha⁻¹ con tres. En cualquier caso los valores más bajos de todo el experimento los consiguen en ausencia de nitrógeno (PK) con tres cortes (9.590 kg MS ha⁻¹); incluso en este tratamiento los dos cortes fueron superiores (9.810 kg MS ha⁻¹). Todos estas cifras son similares a las señaladas en ésta Memoria y sólo la alcanzada con 200 kg N, en dos cortes, es ligeramente superior.

Por su parte TROXLER (1987) realiza un experimento con diferentes dosis de nitrógeno (0, 100 y 200 kg) sobre una base fosfo-potásica (80-240 kg PK), con dos y tres cortes, en dos lugares diferentes de la montaña Suiza, con resultados contradictorios. En un ensayo a 1.200 m, que guarda una gran similitud con el aquí descrito por el número de cortes y fechas de explotación, indica que el paso de dos a tres cortes hace disminuir el rendimiento, salvo para el tratamiento que no lleva nitrógeno, siendo este descenso más pronunciado en los años con déficit de precipitaciones estivales y a medida que la frecuencia de corte es más elevada las diferencias obtenidas con 0, 100 y 200 kg N disminuyen. Por el contrario en el otro experimento realizado a 1.000 m, con una exposición norte y suelo profundo, consigue un incremento en la cosecha de hierba al cambiar de dos a tres cortes.

En un estudio sobre el efecto del intervalo de cortes y la fertilización nitrogenada (con una base de 150-150 kg PK) en una pradera en Asturias ANTUÑA *et al.* 1991 señalan que, en general, una mayor frecuencia de corte implica rendimientos decrecientes y aumento del forraje cosechado cuando el intervalo de cortes se prolonga de dos a seis semanas, pero al alargar hasta ocho semanas sólo se incrementó la producción en primavera con la fertilización nitrogenada. En verano-otoño no se observó efecto al abonado nitrogenado pero sí en primavera al espaciar los cortes (ANTUÑA *et al.*, 1988).

También HOPKINS *et al.* (1990), destacan que en un prado permanente sometido a diferentes niveles de N (0-900 kg) con 150-100 kg PK, cuando se efectuaban los aprovechamientos cada ocho semanas (tres cortes al año) la producción fue un 30-70% superior, según la dosis de nitrógeno, a los efectuados cada cuatro semanas (seis cortes).

3.2. Consideraciones generales.

Los rendimientos de los 22 tratamientos se exponen en las Tablas 10 y 11 en función del abonado y de la frecuencia de corte. Para su confrontación se indica el índice correspondiente de cada tratamiento tomando como base el testigo (100).

Con dos cortes y en el aprovechamiento de Junio (Tabla 10), destaca el alto valor alcanzado con 180-240-180 kg NPK (9.769 kg MS ha⁻¹) que casi duplica al testigo. En un segundo plano de importancia se sitúan 180-240 kg NP, 60-80-60 kg NPK y 120-160-120 kg NPK, con producciones en torno a 8.700 kg MS ha⁻¹. Los rendimientos más bajos se localizan con 60 y 120 kg K que superaron al testigo únicamente en un 12-13%.

Tabla 10.- Influencia de la Fertilización sobre la Producción de Hierba (kg ms ha⁻¹).
(medias de tres años con dos cortes)

| N-P-K | JUNIO | | SEPTIEMBRE | | TOTAL | |
|--------------|------------------------|--------|------------------------|--------|------------------------|--------|
| | kg MS ha ⁻¹ | Índice | kg MS ha ⁻¹ | Índice | kg MS ha ⁻¹ | Índice |
| 0-0-0 | 5.025 | 100 | 2.204 | 100 | 7.229 | 100 |
| 1-0-0 | 7.487 | 150 | 2.735 | 124 | 10.222 | 141 |
| 2-0-0 | 7.083 | 141 | 2.700 | 123 | 9.783 | 135 |
| 3-0-0 | 7.137 | 142 | 2.304 | 105 | 9.441 | 131 |
| 0-1-0 | 6.050 | 120 | 3.201 | 145 | 9.251 | 128 |
| 0-2-0 | 6.716 | 134 | 3.412 | 155 | 10.128 | 140 |
| 0-3-0 | 7.095 | 141 | 3.278 | 149 | 10.373 | 143 |
| 0-0-1 | 5.626 | 112 | 2.757 | 125 | 8.383 | 116 |
| 0-0-2 | 5.698 | 113 | 2.779 | 126 | 8.477 | 117 |
| 0-0-3 | 6.298 | 125 | 3.221 | 146 | 9.519 | 132 |
| 1-1-0 | 8.103 | 161 | 2.915 | 132 | 11.018 | 152 |
| 2-2-0 | 8.320 | 166 | 2.967 | 135 | 11.287 | 156 |
| 3-3-0 | 8.774 | 175 | 2.956 | 134 | 11.730 | 162 |
| 1-0-1 | 6.549 | 130 | 2.830 | 128 | 9.379 | 130 |
| 2-0-2 | 6.921 | 138 | 2.681 | 122 | 9.602 | 133 |
| 3-0-3 | 8.215 | 163 | 2.975 | 135 | 11.190 | 155 |
| 0-1-1 | 6.786 | 135 | 3.402 | 154 | 10.188 | 141 |
| 0-2-2 | 7.406 | 147 | 3.535 | 160 | 10.941 | 151 |
| 0-3-3 | 7.394 | 147 | 3.057 | 139 | 10.451 | 145 |
| 1-1-1 | 8.756 | 174 | 3.471 | 157 | 12.227 | 169 |
| 2-2-2 | 8.663 | 172 | 3.254 | 148 | 11.917 | 165 |
| 3-3-3 | 9.769 | 194 | 2.834 | 129 | 12.603 | 174 |

Por el contrario, en Septiembre el más alto corresponde a 160-120 kg PK (3.535 kg MS ha⁻¹), seguido muy de cerca por 60-80-60 kg NPK, 80-60 kg PK y 160 kg P, que están

prácticamente al mismo nivel. El valor más bajo se logra con 180 kg N que únicamente superó al testigo en un 5%.

Respecto a la producción total el valor máximo se consigue, como en Junio, con 180-240-180 kg NPK (174%) con 12.603 kg MS ha⁻¹, seguido por 60-80-60 y 120-160-120 kg NPK (169 y 165%, respectivamente) y 180-240 kg NP (162%); las más bajas corresponden a 60 y 120 kg K. Como se observa en la Tabla 10, la suma de los cortes está muy condicionada por los rendimientos del primero, ya que suponen de media un 70% del total.

Tabla 11.- Influencia de la Fertilización sobre la Producción de Hierba. (Kg Ms Ha⁻¹)
(medias de tres años con tres cortes)

| N-P-K | JUNIO | | JULIO | | SEPTIEMBRE | | TOTAL | |
|--------------|-------|-----|-------|-----|------------|-----|---------------|-----|
| 0-0-0 | 3.491 | 100 | 1.482 | 100 | 1.437 | 100 | 6.410 | 100 |
| 1-0-0 | 5.067 | 145 | 1.535 | 104 | 1.393 | 97 | 7.995 | 125 |
| 2-0-0 | 4.988 | 143 | 1.650 | 111 | 1.057 | 74 | 7.695 | 120 |
| 3-0-0 | 3.962 | 113 | 1.733 | 117 | 1.351 | 94 | 7.046 | 110 |
| 0-1-0 | 4.714 | 135 | 2.132 | 144 | 2.069 | 144 | 8.915 | 139 |
| 0-2-0 | 5.804 | 166 | 2.145 | 145 | 2.563 | 178 | 10.512 | 164 |
| 0-3-0 | 7.299 | 209 | 2.266 | 153 | 2.505 | 174 | 12.070 | 188 |
| 0-0-1 | 4.865 | 139 | 1.884 | 127 | 1.866 | 130 | 8.615 | 134 |
| 0-0-2 | 4.253 | 122 | 1.577 | 106 | 1.410 | 98 | 7.240 | 113 |
| 0-0-3 | 4.070 | 117 | 1.670 | 113 | 1.533 | 107 | 7.273 | 113 |
| 1-1-0 | 7.560 | 217 | 2.000 | 135 | 2.084 | 145 | 11.644 | 182 |
| 2-2-0 | 8.069 | 231 | 1.673 | 113 | 1.543 | 107 | 11.285 | 176 |
| 3-3-0 | 7.575 | 217 | 1.575 | 106 | 1.515 | 105 | 10.665 | 166 |
| 1-0-1 | 5.298 | 152 | 1.414 | 95 | 1.566 | 109 | 8.278 | 129 |
| 2-0-2 | 4.707 | 135 | 1.904 | 128 | 966 | 67 | 7.579 | 118 |
| 3-0-3 | 5.941 | 170 | 2.139 | 144 | 1.601 | 111 | 9.681 | 151 |
| 0-1-1 | 6.791 | 195 | 2.574 | 174 | 2.361 | 164 | 11.726 | 183 |
| 0-2-2 | 6.472 | 185 | 2.459 | 166 | 2.316 | 161 | 11.247 | 175 |
| 0-3-3 | 7.795 | 223 | 2.828 | 191 | 3.104 | 216 | 13.727 | 214 |
| 1-1-1 | 7.580 | 217 | 2.049 | 138 | 2.279 | 159 | 11.908 | 186 |
| 2-2-2 | 8.370 | 240 | 2.017 | 136 | 2.212 | 154 | 12.599 | 197 |
| 3-3-3 | 9.280 | 266 | 2.099 | 142 | 1.789 | 124 | 13.168 | 205 |

La Tabla 11 nos muestra los rendimientos correspondientes a tres cortes. En el de Junio se aprecia, en general, una disminución respecto a dos, ya que la siega se hace más temprano (dos semanas antes) y las plantas no han alcanzado la madurez. Siete tratamientos han duplicado el valor del testigo, destacando las combinaciones ternarias 120-160-120 y 180-240-180 kg NPK (240 y 266% respectivamente); seguidos de las binarias 120-160 kg NP (231%), 240-180 kg PK

(223%) y 180-240 kg NP (217%), así como 60-80-60 kg NPK (217%) y 240 kg P (209%). Los lugares más bajos los ocupan 180 kg N (113%) y 180 kg K (117%).

Respecto al segundo corte (Julio), el abonado fosfo-potásico presenta una supremacía total sobre el resto de los tratamientos, siendo 240-180 kg PK (191%) el más efectivo (2.828 kg MS ha⁻¹), seguido de 80-60 y 160-120 kg PK (174% y 166%, respectivamente); también con 240 kg P (153%) se alcanza un alto rendimiento. Por el contrario con 60 kg N (104%), 120 kg K (106%) y 180-240 kg NP (106%) se obtienen débiles producciones e incluso con 60-60 kg NK (95%) se sitúan por debajo del testigo.

En el aprovechamiento de Septiembre destacan las combinaciones fosfo-potásicas, sobre todo 240-180 kg PK (216%) que con 3.104 kg MS ha⁻¹ duplica al testigo y supera a su homólogo en el segundo corte. Los tratamientos con 160 y 240 kg P (178% y 174%) alcanzaron, igualmente, buenos rendimientos. Hay que señalar que los conseguidos con 60, 120 y 180 kg N; 120 kg K y 120-120 kg NK son inferiores al testigo.

En cuanto a la total, suma de los tres aprovechamientos, hay que destacar el fuerte rendimiento obtenido con 240-180 kg PK (214%) y 180-240-180 kg NPK (205%) ya que ambos duplicaron el valor del testigo y superaron los 13.000 kg MS ha⁻¹ de media, cifra muy elevada y comparable a la lograda en ensayos con praderas implantadas de regadío en el Sur de la provincia (CARPINTERO *et al.*, 1990-1991).

En un segundo plano y sobrepasando 12.000 kg MS ha⁻¹ se sitúan 120-160-120 kg NPK y 240 kg P. En función de estos resultados hay que señalar que el fósforo se muestra muy eficaz a altas dosis (240 kg P), sobre todo en tres cortes, bien solo o en compañía del potasio en cuyo caso es capaz de superar a 180-240-180 kg NPK que lleva el nivel más alto de nitrógeno. Los fertilizantes fosfo-potásicos muestran una gran eficacia a medida que aumenta la frecuencia de siega y su acción es más patente en los aprovechamientos de verano y otoño (segundo y tercer corte).

Por otro lado, si consideramos los valores de cada tratamiento como la media de las tres dosis, en las Figuras 2 y 3 se representan los rendimientos medios de hierba en cada corte y la comparación de los totales en las dos frecuencias de siega.

En la parte superior de dicha Figura 2, dos cortes, se observa que en Junio la mayor producción media, entre los elementos simples corresponde al N (7.236 kg MS ha⁻¹), seguido de P (6.620 kg MS ha⁻¹) y más alejado K (5.874 kg MS ha⁻¹). En la fertilización binaria NP alcanza los valores más altos (8.399 kg MS ha⁻¹); NK (7.228 kg MS ha⁻¹) y PK (7.195 kg MS ha⁻¹) obtuvieron unos rendimientos similares. El máximo se obtuvo con la combinación NPK (9.063 kg MS ha⁻¹) que superó en un 80% al testigo (5.025 kg MS ha⁻¹).

Figura 2.- Rendimientos medios (kg MS/ha)

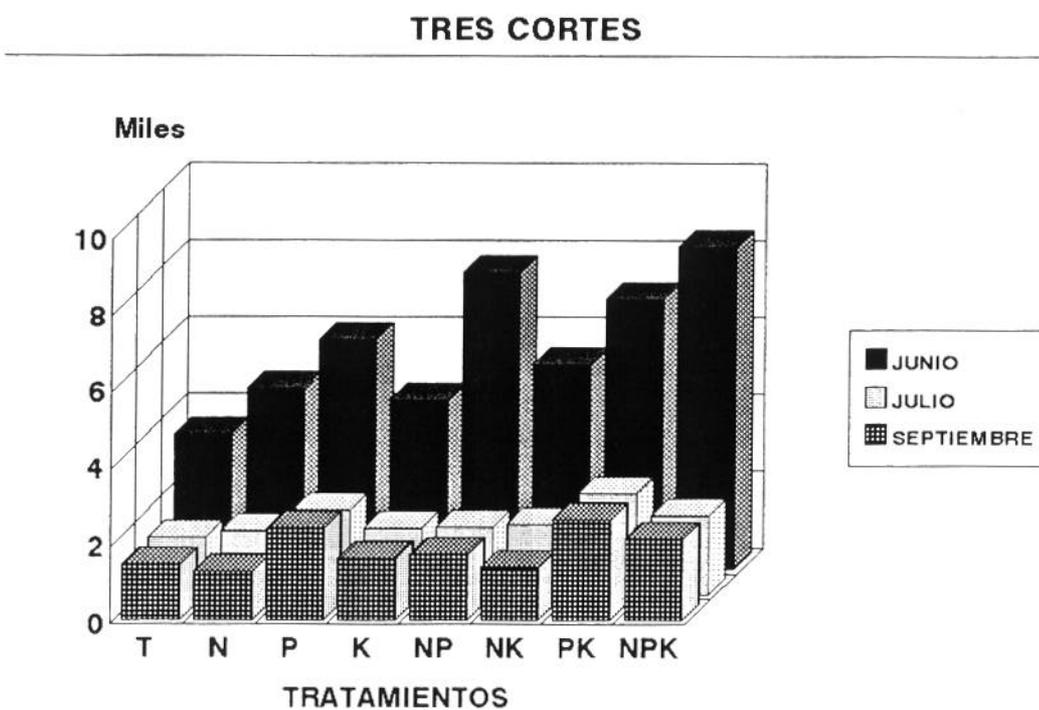
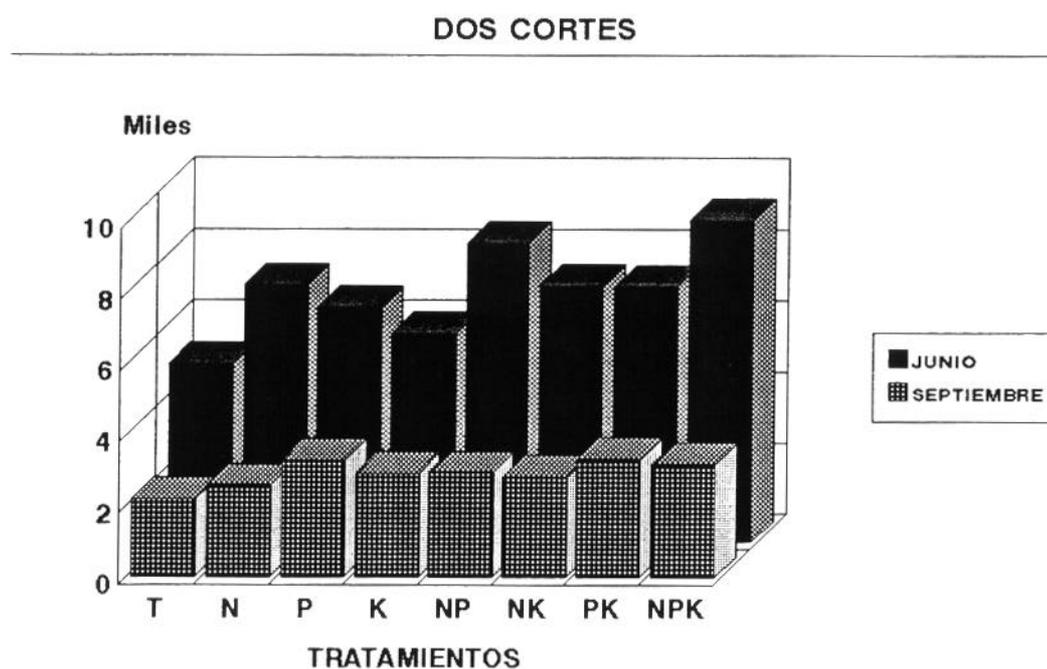
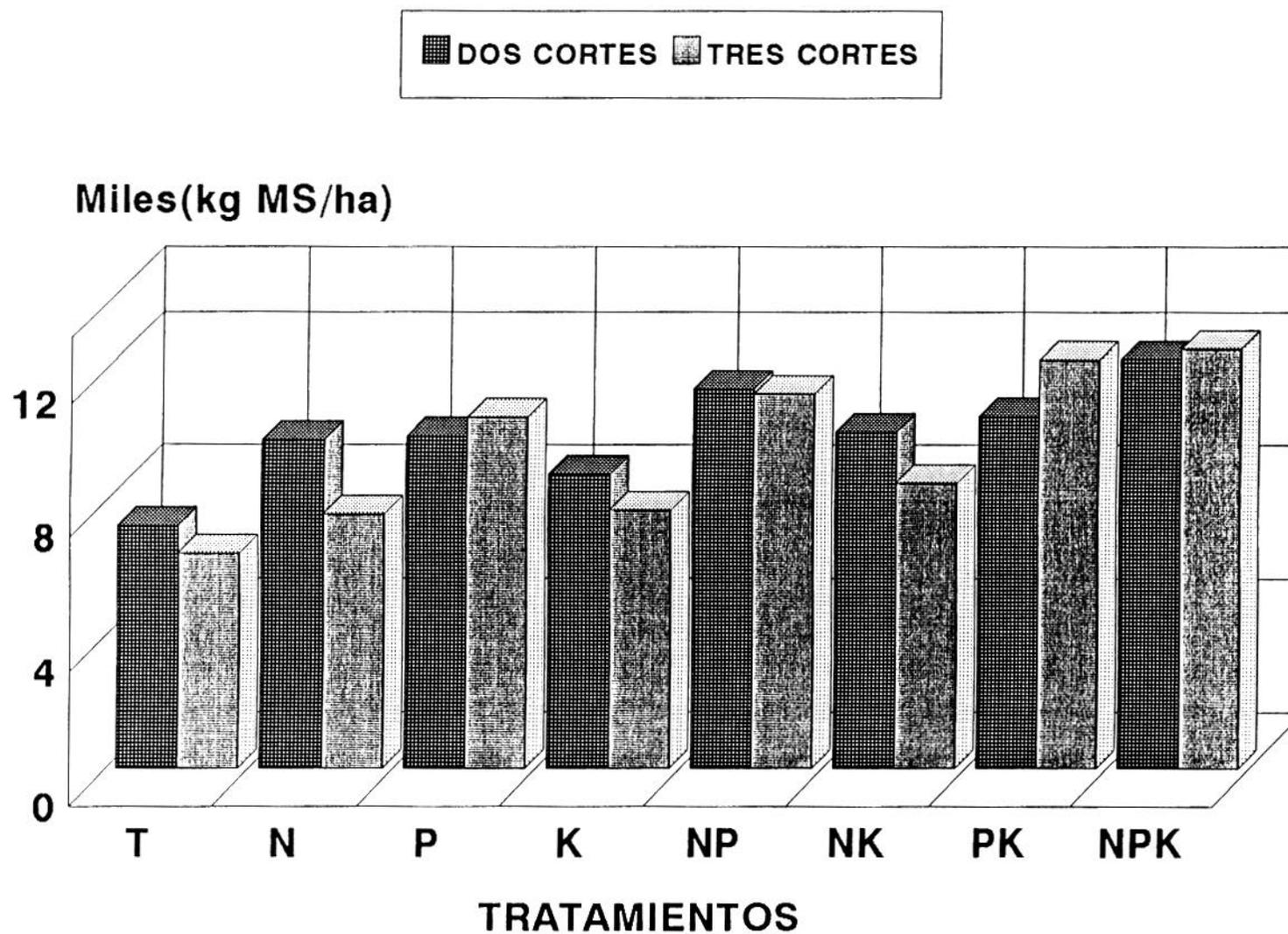


Figura 3.- Rendimientos totales medios (Comparación dos/tres cortes)

En cuanto a Septiembre se invierten los términos y el P (3.297 kg MS ha⁻¹) supera claramente a K (2.919 kg MS ha⁻¹) y a N (2.580 kg MS ha⁻¹). En las combinaciones binarias PK (3.331 kg MS ha⁻¹) incrementó los rendimientos en un porcentaje semejante al fósforo solo, situándose NP (2.946 kg MS ha⁻¹) y NK (2.829 kg MS ha⁻¹) por debajo de sus valores. En este aprovechamiento NPK (3.186 kg MS ha⁻¹) se sitúa por debajo de los valores conseguidos por P y PK.

Como se advierte en la Figura 3, en el total, se aprecia una igualdad entre N (9.815 kg MS ha⁻¹) y P (9.917 kg MS ha⁻¹), desviándose ligeramente el K (8.793 kg MS ha⁻¹). En las fórmulas binarias el mayor rendimiento correspondió, como en Junio, al NP (11.345 kg MS ha⁻¹), situándose detrás PK (10.527 kg MS ha⁻¹) y NK (10.057 kg MS ha⁻¹). El NPK (12.249 kg MS ha⁻¹) que sobrepasó en un 69% al testigo (7.229 kg MS ha⁻¹) fue de nuevo el tratamiento más efectivo.

Referente a tres cortes en el de Junio, Figura 2 parte inferior, dentro de los elementos simples, el P (5.939 kg MS ha⁻¹) pasa a ser el tratamiento más productivo con bastante diferencia sobre N (4.632 kg MS ha⁻¹) y K (4.396 kg MS ha⁻¹). En las combinaciones binarias NP (7.735 kg MS ha⁻¹) ocupó el primer lugar (como en Junio, dos cortes), seguida de PK (7.019 kg MS ha⁻¹) y NK (5.315 kg MS ha⁻¹). La combinación NPK (8.410 kg MS ha⁻¹), como en el caso de dos cortes, resultó la más efectiva, incrementando los rendimientos un 141% sobre el testigo (3.491 kg MS ha⁻¹).

En el segundo aprovechamiento (Julio) el P (2.181 kg MS ha⁻¹) sigue siendo el elemento simple más eficaz; la combinación binaria PK (2.620 kg MS ha⁻¹) se constituye en el tratamiento medio más importante del ensayo, a bastante distancia de NK (1.819 kg MS ha⁻¹) y NP (1.749 kg MS ha⁻¹). Por el contrario en éste corte NPK (2.055 kg MS ha⁻¹) pierde bastante importancia respecto a PK.

Igual fenómeno ocurre en Septiembre, aunque las diferencias son todavía más acusadas a favor de P (2.379 kg MS ha⁻¹) y PK (2.594 kg MS ha⁻¹), quedando NPK (2.093 kg MS ha⁻¹) en un plano medio. Por primera vez dos tratamientos N (1.267 kg MS ha⁻¹) y NK (1.378 kg MS ha⁻¹) se localizan por debajo del testigo (1.437 kg MS ha⁻¹).

Respecto a los rendimientos totales (Figura 3), el P (10.499 kg MS ha⁻¹), PK (12.234 kg MS ha⁻¹) y NPK (12.558 kg MS ha⁻¹) son los tratamientos más eficaces; los dos últimos aventajaron al testigo (6.410 kg MS ha⁻¹) en un 91 y 96% respectivamente.

Comparando los rendimientos totales medios, dos y tres cortes (Figura 3), se aprecia que disminuyen al aumentar la frecuencia de corte en los tratamientos con N (22,8%, $\hat{\sigma}$ = 0,01), NK (15,3%, $\hat{\sigma}$ = 0,05), K (12,3%), NP (1,3%), así como en el testigo (11,3%). Por el contrario se incrementan en los que llevan P (5,9%), PK (16,2%, $\hat{\sigma}$ = 0,05) y NPK (2,5%).

3.2.1. Distribución estacional.

El reparto de la biomasa conseguida a lo largo de los meses (Junio a Septiembre) en los que se realizan los aprovechamientos, está claramente influenciado por el tipo y combinación de fertilizantes aportados, así como por la frecuencia de corte. En La Tabla 12 se indica el porcentaje sobre la producción total obtenida en cada corte y el que denominamos "índice de estacionalidad" que muestra la relación existente entre la producción de Junio/Septiembre, en el caso de dos cortes, o bien Junio/Julio+Septiembre cuando se realizan tres.

Para dos cortes los tratamientos N (73,7%), NP (74,0%) y NPK (73,9%) son los que obtienen el mayor porcentaje en Junio. El índice de estacionalidad de los mismos es de 2,81; 2,84 y 2,87, respectivamente, lo que indica que la producción de Junio casi llega a triplicar la de Septiembre, como se puede igualmente apreciar en la Figura 2.

Por el contrario en los tratamientos con P (66,7%), K (66,8%) y PK (68,3%) los rendimientos están más repartidos entre los diferentes aprovechamientos, tomando valores más bajos en Junio y más altos en Septiembre. Su índice es 2 para P, K y 2,16 para el PK, indica que la producción del primer corte duplica la del segundo. El testigo tiene un valor de 2,27.

En tres cortes las mayores biomásas, en el primer aprovechamiento (Junio), se consiguen con N (61,5%), NP (69,1%) y NPK (66,9%). En el segundo y tercer corte hay una curiosa igualdad en el caso de NP (15,6% y 15,3%) y NPK (16,4% y 16,7%). El mayor índice de estacionalidad se da con NP (2,26), ya que los porcentajes en Julio y Septiembre son los más bajos.

Como en dos cortes, los valores más pequeños en Junio corresponden al P (56,2%), K (57,1) y PK (57,4%) y en consecuencia son los más altos en el segundo y tercer aprovechamiento; sus índices correspondientes son los más bajos: P (1,29), K (1,32) y PK (1,34), que nos advierten que existe casi una igualdad entre Junio y Julio+Septiembre. Por el contrario en los tratamientos con NP (2,26) y NPK (2,03) la producción media de Junio duplica al resto de los cortes. El testigo toma el valor más bajo en Junio (54,5%), el más elevado en Julio (23,1%) y el segundo en Septiembre (22,4%), siendo su índice de estacionalidad el más pequeño (1,19) de todos los tratamientos.

Tabla 12.- Distribucion Estacional De La Produccion De Hierba. (Medias de tres Años)

| TRAT. | DOS CORTES | | | TRES CORTES | | | |
|-------|------------|---------|----------|-------------|---------|---------|-------------|
| | JUN (%) | SEP (%) | JUN/SEP. | JUN (%) | JUL (%) | SEP (%) | JUN/JUL+SEP |
| T | 69,5 | 30,5 | 2,27 | 54,5 | 23,1 | 22,4 | 1,19 |
| N | 73,7 | 26,3 | 2,81 | 61,5 | 21,8 | 16,7 | 1,61 |
| P | 66,7 | 33,3 | 2,00 | 56,2 | 21,0 | 22,8 | 1,29 |
| K | 66,8 | 33,2 | 2,00 | 57,1 | 22,2 | 20,7 | 1,32 |
| NP | 74,0 | 26,0 | 2,84 | 69,1 | 15,6 | 15,3 | 2,26 |
| NK | 71,8 | 28,2 | 2,54 | 62,5 | 21,4 | 16,1 | 1,66 |
| PK | 68,3 | 31,7 | 2,16 | 57,4 | 21,5 | 21,1 | 1,34 |
| NPK | 73,9 | 26,1 | 2,87 | 66,9 | 16,4 | 16,7 | 2,03 |

En relación a la estacionalidad, REMON (1976) indica que el 50% de la producción anual es obtenida en el primer corte de primavera, el 27% en el segundo de verano y el 23% restante se reparte entre los meses de la otoñada con un total de 3-5 aprovechamientos al año. Por su parte OSBOURN (1980b) señala una distribución estacional de la hierba en función del abonado nitrogenado, que varía entre un 61% en el testigo y un 47% con 300 kg N en el primer corte (Abril-Mayo); 23 y 30% en el segundo (Junio-Julio) y 16 y 23%, respectivamente, en el tercero (Agosto-Septiembre). Este autor concluye que a medida que se incrementa el nitrógeno disminuye la producción en el primer corte y aumenta en el segundo y tercero. Estos resultados están en contradicción con los expuestos en este ensayo, aunque se explica por el hecho de que el nitrógeno se aplicó de una vez en primavera y favoreció, principalmente, al primer aprovechamiento, mientras que en el experimento de OSBOURN el nitrógeno se aportó mensualmente a lo largo del ciclo de crecimiento.

En otro ensayo de fertilización en montaña RAMON (1986) obtiene una media de un 58% de la producción en el primer corte (primeros de Junio); 20% en el segundo (finales de Julio) y un 22% en el tercero (finales de Septiembre). Estos resultados son semejantes a los alcanzados en éste ensayo considerando las medias globales de todos los tratamientos: 60,6% en el primer corte, 20,4% en el segundo y 19,0% en el tercero, similares, a su vez, a los logrados por el mismo autor en otros lugares de Francia (RAMON y JOURDAN, 1986), que indican porcentajes medios de 62-22-16% y 59-22-19% en los cortes primero, segundo y tercero, respectivamente.

Por otro lado LIHAN y JEZIKOVA (1991), señalan una distribución de la producción en el testigo semejante a la nuestra en el primer corte (54%), pero casi el doble en el segundo (42%) y mucho más pequeño en el tercero (4%). Al aumentar las dosis de NPK disminuye ligeramente el porcentaje en el primer corte (de 62 a 57%) y aumenta en el segundo (de 33 a 35%) y en el tercero (de 5 a 8%). Estos resultados son contrapuestos a los nuestros en los que al forzar las

dosis de NPK se incrementan las producciones en el primer corte en detrimento del segundo y tercero, que toman valores semejantes; conclusiones similares obtiene GONZALEZ (1986).

También FRAME (1987) confirma la estacionalidad provocada por el nitrógeno, obtiene un 65% de la producción total en el primero sin aplicar nitrógeno, mientras que con 80 kg N la cifra se eleva a un 74%, en un sistema de explotación con cuatro cortes. Por su parte LEMAIRE *et al.* (1982) resaltan el efecto positivo del nitrógeno en primavera, época en que la absorción de éste elemento es mayor y tiene una influencia más positiva sobre el crecimiento.

JO y SCHECHTNER (1990b), señalan con el abonado PK una distribución de la producción de un 40% en el primer corte, 33% en el segundo y 27% en el tercero.

3.3. Recapitulación.

El fósforo en su dosis media y alta (160 y 240 kg ha⁻¹) es el elemento fertilizante simple que, en dos cortes, tuvo una respuesta más clara y significativa respecto al testigo; aunque el nitrógeno y el potasio elevaron los rendimientos, el incremento no fue significativo.

Dentro de las combinaciones binarias, la nitro-fosfórica resultó ser la más eficiente ya que todas sus dosis superaron 11.000 kg MS ha⁻¹ y hubo diferencias significativas desde el primer nivel. También la asociación fosfo-potásica consiguió rendimientos importantes que superaron 10.000 kg MS ha⁻¹, con diferencias significativas respecto al testigo.

Sin embargo las combinaciones nitro-fosfo-potásicas fueron las más eficaces y significativas, sobre todo en su dosis baja (60-80-60 kg ha⁻¹) que superó 12.000 kg MS ha⁻¹. Con tres cortes el fósforo sigue siendo, dentro de los fertilizantes simples, el que vuelve a mostrar una respuesta más notoria y significativa alcanzando en su dosis más alta (240 kg ha⁻¹) una producción de 12.070 kg MS ha⁻¹.

En relación con las binarias la nitro-fosfórica, que fue la más productiva en dos cortes, es reemplazada en tres por la fosfo-potásica que en su nivel máximo (240-180 kg) logró la respuesta más elevada de todo el ensayo (13.727 kg MS ha⁻¹).

Con tres aprovechamientos las combinaciones ternarias no presentan una clara diferencia respecto a las binarias fosfo-potásicas, a pesar de la presencia de nitrógeno en las primeras. Cuando se aumenta la frecuencia de siega de dos a tres cortes se incrementan las producciones con los fertilizantes fosfatados, fosfo-potásicos y más débilmente con los nitro-fosfo-potásicos. El efecto más eficaz se consigue con la fosfo-potásica en su dosis más alta (240-180 kg ha⁻¹) en la que se mejora un 31,3% los rendimientos. Por el contrario éstos se deprimen en tres cortes con los nitrogenados (sobre todo con 180 kg ha⁻¹ en que las diferencias fueron significativas), potásicos y nitro-potásicos.

La distribución de la biomasa es más uniforme a lo largo del ciclo vegetativo en el caso de los tratamientos con fertilizantes fosfatados, potásicos o fosfo-potásicos; las producciones de Junio son menores y más elevadas las de Septiembre (dos cortes) o Julio y Septiembre (tres cortes). Los índices de estacionalidad son bajos lo que indica una mayor capacidad de crecimiento de la hierba en las épocas más desfavorables como son el verano y otoño. Por lo tanto la combinación fosfo-potásica actúa de forma más retardada y tiende a equilibrar los rendimientos de los diferentes cortes.

Por el contrario con el abonado nitrogenado, nitro-fosfórico o nitro-fosfo-potásico, se fuerzan las producciones en el primer corte en detrimento de los restantes, con índices de estacionalidad altos. Su acción sobre la hierba es más instantánea pero también más efímera y su efecto sobre el segundo y tercer aprovechamiento es muy limitado.

4. Composición botánica.

Los prados de siega de montaña se caracterizan por una gran variación en su composición botánica no solamente en función de las características del ambiente, sino también en función del abonado, sistema de aprovechamiento (siega, pastoreo) y de la frecuencia de corte.

Por tratarse de sistemas seminaturales en cuyas características juega un papel muy importante el tipo de gestión a que son sometidos, la calidad y cantidad de hierba producida puede ser mejorada sustancialmente con un ritmo de explotación adecuado y una fertilización mineral adaptada al mismo. Estas acciones, combinadas adecuadamente, permiten conseguir un heno de alto valor nutritivo, rico en proteínas y energía. El objetivo final es obtener un equilibrio desde el punto de vista de la composición botánica: 50 a 70% de gramíneas, 10 a 30% de leguminosas y 10 a 30% de "otras" plantas, que nos va a permitir alcanzar los objetivos antes señalados (TROXLER, 1990).

El objetivo de producción, con una óptica actualizada, ha de ser compatible con el de uso sostenible o capacidad para seguir produciendo en el tiempo; en esto juega un importante papel la composición del prado y aspectos tales como la diversidad de especies y grupos representados. Ello sin olvidar el valor que la riqueza y variedad específica tiene, en sí misma, desde un punto de vista de la conservación. En algunos países de Europa (Holanda, Inglaterra, Suiza) se está dedicando un gran esfuerzo para recuperar la riqueza florística de los prados de siega (BERENDSE *et al.*, 1991; McDONALD, 1991; JEANGROS y SCHMID, 1991; HOPKINS, 1993).

Las gramíneas son especies de porte elevado particularmente adaptadas a los ecosistemas de pradera y al corte periódico, que permiten, gracias a las débiles pérdidas en su recolección, rendimientos elevados asegurando un césped denso. El limbo de sus hojas es alargado y estrecho, la inflorescencia es en espiga o panícula y su sistema radicular es fasciculado y relativamente poco profundo, ya que la mayor parte de sus raíces se desarrollan en los primeros diez centímetros. Su valor nutritivo está estrechamente ligado a su estado vegetativo.

Son especies preparadas para el desarrollo en invierno ya que la diferenciación de los órganos vegetativos y reproductores se lleva a cabo en el período de días cortos. Su crecimiento es así muy rápido, en primavera, con temperaturas comprendidas entre 15 y 20| C, lo que unido a su forma de enraizar motiva un descenso de rendimiento, e incluso parada total de la vegetación, de algunas especies en verano (DUTHIL, 1989; GILLET, 1984). Las gramíneas son capaces de desarrollarse en suelos pobres en potasa, ya que tienen gran facilidad para absorber de manera selectiva los cationes monovalentes (Na y K), así como los radicales sulfato, fosfato y nitrato (TISDALE y NELSON, 1992).

Por otra parte, las leguminosas presentan su limbo compuesto por varios folíolos con una relación hojas/tallo, por lo general, más alta que la de las gramíneas, así como también es algo superior su contenido en proteínas, que varía menos en función de la edad de la planta. Su sistema radicular no es tan fasciculado y se establece a más profundidad, siendo ramificado a partir de una raíz principal que explota niveles más profundos del suelo; tiene además raíces adventicias que producen las especies estoloníferas. No obstante la característica más diferencial de las raíces de leguminosas, es la existencia de "nódulos" formados por las bacterias nitrificantes del género *Rhizobium*, que establecen una relación simbiótica en la que la planta huésped nutre de glúcidos a las bacterias y, a cambio, la leguminosa se abastece de nitrógeno.

Las leguminosas forman su inflorescencia en primavera, en época más tardía que las gramíneas, su crecimiento tiene lugar a temperaturas superiores al de éstas, 20-25| C, por lo que su mayor desarrollo tiene lugar en primavera tardía o verano. Son plantas muy exigentes en luz y ésta característica juega un importante papel en la competencia con las gramíneas, ya que al ser de porte más elevado evitan que la luz llegue a las leguminosas y éstas detienen su crecimiento e incluso llegan a desaparecer, a no ser que se efectúen siegas frecuentes y se alterne con el pastoreo (KLITSCH, 1965).

En cuanto a la absorción de los nutrientes, las leguminosas son ricas en Ca y Mg, ya que absorben perfectamente los cationes bivalentes, pero exigen un suelo rico en potasio ya que encuentran dificultades para extraerlo (TISDALE y NELSON, 1991).

Por otro lado las pérdidas en materia seca que se producen durante el henificado, que son débiles en las gramíneas, pueden ser elevadas en los prados ricos en leguminosas y "otras" plantas, del orden del 30% cuando se secan al sol y aumentan sustancialmente al hacerlo el número de cortes (BRIEMLE *et al.*, 1992). Estas pérdidas son debidas a una proporción elevada de la relación hojas/tallo, ya que las hojas se desecan más rápidamente que los tallos y son fácilmente rotas por las máquinas de voltear y empacar aún trabajando de forma cuidadosa (TROXLER, 1990). Estas pérdidas también han sido señaladas por otros autores (GARCIA NAVARRO, 1993; AMELLA *et al.*, 1984).

Dentro de las "otras", generalmente consideradas como "malas hierbas", hay especies (como *Taraxacum officinale*, *Ranunculus repens*, *Plantago lanceolata*, etc.) que tienen una buena

calidad forrajera (DACCORD, 1988; TROXLER, 1990). En cambio existen plantas que disminuyen la producción e ingestión (*Rumex crispus*).

Como hemos visto anteriormente son muchos los factores que intervienen sobre un prado, de lo que se deduce la dificultad de mantener un equilibrio adecuado entre gramíneas, leguminosas y "otras", ya que, frecuentemente, las leguminosas salen perjudicadas. Como se indicó las gramíneas tienen mayor capacidad que las leguminosas para absorber fosfatos, sulfatos, nitratos y el potasio de la solución nutritiva del suelo, de ahí que para que las leguminosas persistan en la mezcla convenga proveerlas de los elementos necesarios, y en particular fósforo y potasio, pero a la vez evitar -mediante siegas o pastoreos adecuados- la supremacía de las gramíneas que también se verán muy favorecidas por su respuesta más rápida a estos elementos.

El mantenimiento de un equilibrio entre los tres grupos botánicos indicados va a influir de manera decisiva en la calidad y cantidad del forraje obtenido, así como en la estabilidad del prado.

4.1. Variación en la proporción de los grupos botánicos.

Los porcentajes de biomasa correspondientes a gramíneas, leguminosas y "otras plantas" de Junio y Septiembre (dos cortes), medias de tres años, se expresan en la Tabla 13.

En el aprovechamiento de Junio, los porcentajes más altos de gramíneas se producen cuando las combinaciones de fertilizantes llevan niveles elevados de nitrógeno como es el caso de 180-240-180 kg NPK (92%); 180-240 kg NP (90,1%) y 180 kg N (89,5%).

Tabla 13.- Influencia de la fertilización sobre la composición botánica (% MS).
(medias de tres años con dos cortes)

| N-P-K | JUNIO | | | SEPTIEMBRE | | |
|-------|-------|------|-------|------------|------|-------|
| | GRAM. | LEG. | OTRAS | GRAM. | LEG. | OTRAS |
| 0-0-0 | 60,5 | 8,8 | 30,7 | 24,5 | 17,3 | 58,2 |
| 1-0-0 | 79,3 | 6,6 | 14,1 | 46,2 | 13,9 | 39,9 |
| 2-0-0 | 77,2 | 2,6 | 20,2 | 33,8 | 8,1 | 58,1 |
| 3-0-0 | 89,5 | 0,8 | 9,7 | 61,3 | 1,3 | 37,4 |
| 0-1-0 | 72,5 | 9,6 | 17,9 | 43,8 | 23,3 | 32,9 |
| 0-2-0 | 73,9 | 10,1 | 16,0 | 42,5 | 20,9 | 36,6 |
| 0-3-0 | 77,4 | 12,0 | 10,6 | 48,3 | 19,5 | 32,2 |
| 0-0-1 | 70,2 | 8,4 | 21,4 | 42,3 | 22,2 | 35,5 |
| 0-0-2 | 72,5 | 11,4 | 16,1 | 45,8 | 22,9 | 31,3 |
| 0-0-3 | 66,8 | 10,9 | 22,3 | 28,3 | 33,9 | 37,8 |
| 1-1-0 | 77,5 | 5,4 | 17,1 | 54,7 | 13,3 | 32,0 |
| 2-2-0 | 85,0 | 0,0 | 15,0 | 54,5 | 0,7 | 44,8 |
| 3-3-0 | 90,1 | 0,0 | 9,9 | 73,4 | 0,4 | 26,2 |
| 1-0-1 | 73,1 | 5,3 | 21,6 | 46,5 | 12,2 | 41,3 |
| 2-0-2 | 78,2 | 2,6 | 19,2 | 36,9 | 4,9 | 58,2 |
| 3-0-3 | 84,9 | 1,7 | 13,4 | 62,5 | 1,8 | 35,7 |
| 0-1-1 | 68,5 | 12,3 | 19,2 | 42,4 | 30,1 | 27,5 |
| 0-2-2 | 68,5 | 18,6 | 12,9 | 39,9 | 30,5 | 29,6 |
| 0-3-3 | 86,4 | 8,9 | 4,7 | 52,0 | 24,8 | 23,2 |
| 1-1-1 | 81,1 | 5,8 | 13,1 | 58,0 | 19,0 | 23,0 |
| 2-2-2 | 87,9 | 2,7 | 9,4 | 64,0 | 12,3 | 23,7 |
| 3-3-3 | 92,0 | 0,0 | 8,0 | 69,7 | 0,4 | 29,9 |

Por el contrario en las leguminosas son el PK (160-120 y 80-60 kg) ó P (240 kg) los fertilizantes que favorecen su desarrollo (18,6, 12,3 y 12%, respectivamente). Sin embargo éstas pueden llegar a desaparecer cuando las aplicaciones de nitrógeno son elevadas (180-240-180 kg NPK; 120-160 y 180-240 kg NP).

En las "otras" el mayor contenido se produce en el testigo (30,7%), seguido de 60 y 180 kg K (21,4 y 22,3%, respectivamente) y 60-60 kg NK (21,6%); como se aprecia todos los tratamientos llevan potasio.

En el segundo aprovechamiento, Septiembre, las gramíneas siguen una trayectoria similar a Junio, correspondiendo el porcentaje más bajo al testigo (24,5%) y los más altos a los que llevan elevadas dosis de NP: 180-240 kg NP (73,4%) y 180-240-180 kg NPK (69,7%).

En las leguminosas destaca la fuerte proporción existente con 180 kg K (33,9%), así como en 80-60 (30,1%) y 160-120 (30,5%) kg PK, llegando casi a desaparecer con 120-160 y 180-240 kg NP así como en 180-240-180 kg NPK, igual que ocurría en Junio.

Respecto a las "otras" los porcentajes más altos se producen en el testigo (58,2%), 120 kg N (58,1%), 120-120 kg NK (58,2%) y 120-160 kg NP (44,8%). Los más bajos con 240-180 kg PK (23,2%), 60-80-60 (23,0%) y 120-160-120 kg NPK (23,7%), tratamientos que llevan fuerte componente fosfo-potásico o nitro-fosfo-potásico.

En diferentes ensayos en condiciones semejantes a las del presente estudio, pero controlando solamente el primer corte, CARPINTERO y SUAREZ (1976a), señalan que con el abonado NK se aumenta significativamente la proporción de gramíneas de un 22 a un 40% y este incremento es mayor (35-71%) cuando al abonado base se le añadía fósforo. Paralelamente el porcentaje de leguminosas descendía con NK (71-35%) siendo menor (57-20%) cuando al NK se le añadía fósforo. Las "otras" también disminuían significativamente una media de un 20% con NK y un 60% con NPK. En nuestro caso, teniendo en cuenta únicamente el primer corte, se obtienen resultados semejantes; así, con el NK se elevaron las gramíneas un 30% y disminuyeron las leguminosas un 63% y las "otras" un 41%. Con el abonado NPK el ascenso de gramíneas (44%) y el descenso de leguminosas (68%) y de "otras" (67%) fue más acusado.

SUAREZ *et al.* (1976) obtienen ligeros incrementos de las gramíneas con PK (2%), mientras que cuando se adicionó nitrógeno (0-180 kg N) estos aumentos fueron mayores (12 a 24%). Por el contrario las leguminosas disminuyeron (10-14%) con las distintas dosis de nitrógeno añadidas al abonado base (PK) e igualmente lo hicieron las "otras" (3-10%). Estos valores son más bajos que en nuestro caso, aunque en la misma dirección. Igualmente SUAREZ y SANTOS (1965), indican porcentajes similares en los aprovechamientos de Junio y Septiembre.

Resultados semejantes encuentra REMON (1976) que logra con NPK la máxima proporción de gramíneas (69,6%) y la mínima de leguminosas (5,4%), las "otras" tienen un valor intermedio. Por el contrario el máximo porcentaje de leguminosas lo consigue, como en nuestro caso, con PK (28,5%) que coincide con el mínimo de "otras" (21,9%).

Por otro lado GRIGNANI (1990), en un estudio sobre siete tipos diferentes de prados fertilizados con NPK, señala diferencias poco notables entre la composición botánica de primavera y verano. Así las gramíneas oscilaron entre un 58,7% en primavera y un 51,4% en verano; las leguminosas entre 13,8 y 15,8% y las "otras" entre 27,6 y 29,8%, respectivamente.

La Tabla 14 muestra la composición botánica de los aprovechamientos de Junio, Julio y Septiembre cuando se realizan tres cortes.

En el primero (Junio) el mayor porcentaje de gramíneas se produce con 180-240-180 y 60-80-60 kg NPK (89,3 y 84,2%, respectivamente), así como en 180-240 kg NP (85,7%), siendo los más bajos con 240-180 kg PK (63,6%), 120-120 kg NK (63,9%) y 60 kg K (63,7%).

Los contenidos más altos de leguminosas se sitúan con 240-180 y 80-60 kg PK (30,2 y 24,1%, respectivamente) y los más bajos con 120-160 y 180-240 kg NP (0,6 y 0,3%) que casi llegan a desaparecer.

Respecto a las "otras" los valores más altos aparecen con 120-120 kg NK (31,3%) y 120 kg K (29,4%), localizándose los más bajos en 240-180 kg PK (6,2%) y 240 kg P (7,4%).

En el corte de Julio los porcentajes máximos de gramíneas se localizan con 180-240-180 kg NPK (70,3%) y los más bajos en 80-60 y 240-180 kg PK (27,0 y 28,4%, respectivamente). Por el contrario las leguminosas tienen un alto nivel con 240-180 y 80-60 kg PK (43,6 y 39,6%, respectivamente), llegando casi a desaparecer en 120-160 y 180-240 kg NP (0,7 y 0,8%). El grupo de "otras" plantas muestra altas proporciones con 120-160 kg NP (63,5%) y 120-120 kg NK (60,7%) y mínimos en todos los niveles de NPK (25-26%).

Durante el tercer corte el máximo de gramíneas se localiza con 180-240 kg NP (60,1%) y el mínimo en 120-120 kg NK (34,2%). Como en los cortes anteriores, las leguminosas muestran un porcentaje elevado con 240-180 kg PK (30%), aunque en este caso es superado por 60-80-60 kg NPK (31%); el valor más bajo se sitúa con 120-160 kg NP (2,5%). Respecto a las "otras" 120-160 kg NP (61,5%) tiene el valor más alto que destaca sobre el resto de los tratamientos; los mínimos se sitúan en 240-180 kg PK (24,1%) y 60-80-60 kg NPK (23,8%).

Tabla 14.- Influencia de la fertilización sobre la composición botánica (% MS).
(medias de tres años con tres cortes)

| N-P-K | JUNIO | | | JULIO | | | SEPTIEMBRE | | |
|--------------|-------|------|-------|-------|------|-------|------------|------|-------|
| | GRAM. | LEG. | OTRAS | GRAM. | LEG. | OTRAS | GRAM. | LEG. | OTRAS |
| 0-0-0 | 67,4 | 8,2 | 24,4 | 35,4 | 16,3 | 48,3 | 40,4 | 20,8 | 38,8 |
| 1-0-0 | 77,6 | 6,3 | 16,1 | 43,8 | 14,3 | 41,9 | 51,6 | 13,6 | 34,8 |
| 2-0-0 | 72,5 | 5,2 | 22,3 | 45,6 | 7,0 | 47,4 | 46,7 | 12,2 | 41,1 |
| 3-0-0 | 80,4 | 1,9 | 17,7 | 47,4 | 7,7 | 44,9 | 55,7 | 7,7 | 36,6 |
| 0-1-0 | 68,9 | 17,4 | 13,7 | 29,2 | 29,5 | 41,3 | 39,3 | 24,4 | 36,3 |
| 0-2-0 | 78,8 | 10,2 | 11,0 | 41,2 | 19,2 | 39,6 | 53,9 | 13,4 | 32,7 |
| 0-3-0 | 79,6 | 13,0 | 7,4 | 44,9 | 26,2 | 28,9 | 47,1 | 21,9 | 31,0 |
| 0-0-1 | 63,7 | 10,2 | 26,1 | 31,5 | 28,8 | 39,7 | 45,2 | 19,3 | 35,5 |
| 0-0-2 | 65,6 | 5,0 | 29,4 | 40,4 | 15,7 | 43,9 | 43,1 | 21,5 | 35,4 |
| 0-0-3 | 74,5 | 11,4 | 14,1 | 35,7 | 25,9 | 38,4 | 40,1 | 28,0 | 31,9 |
| 1-1-0 | 78,8 | 6,5 | 14,7 | 44,5 | 15,9 | 39,6 | 35,9 | 18,4 | 45,7 |
| 2-2-0 | 75,7 | 0,6 | 23,7 | 35,8 | 0,7 | 63,5 | 36,0 | 2,5 | 61,5 |
| 3-3-0 | 85,7 | 0,3 | 14,0 | 57,9 | 0,8 | 41,3 | 60,1 | 4,1 | 35,8 |
| 1-0-1 | 76,8 | 4,8 | 18,4 | 50,9 | 13,8 | 35,3 | 51,2 | 17,2 | 31,6 |
| 2-0-2 | 63,9 | 4,8 | 31,3 | 33,7 | 5,6 | 60,7 | 34,2 | 9,3 | 56,5 |
| 3-0-3 | 75,2 | 7,5 | 17,3 | 42,6 | 10,0 | 47,4 | 43,8 | 12,1 | 44,1 |
| 0-1-1 | 66,4 | 24,1 | 9,5 | 27,0 | 39,6 | 33,4 | 44,3 | 28,8 | 26,9 |
| 0-2-2 | 76,7 | 14,9 | 8,4 | 34,3 | 36,8 | 28,9 | 45,1 | 22,7 | 32,2 |
| 0-3-3 | 63,6 | 30,2 | 6,2 | 28,4 | 43,6 | 28,0 | 45,9 | 30,0 | 24,1 |
| 1-1-1 | 84,2 | 7,2 | 8,6 | 47,6 | 26,1 | 26,3 | 45,2 | 31,0 | 23,8 |
| 2-2-2 | 79,3 | 4,2 | 16,5 | 59,7 | 15,3 | 25,0 | 56,1 | 12,8 | 31,1 |
| 3-3-3 | 89,3 | 1,2 | 9,5 | 70,3 | 3,8 | 25,9 | 55,7 | 7,2 | 37,1 |

En prados del Pirineo Aragonés FANLO y CHOCARRO (1989), indican una composición botánica semejante a la descrita en éste ensayo en el primer corte; pero en el segundo y tercero encuentran una proporción más alta de gramíneas y menor de "otras", con niveles similares de leguminosas.

En general todos los autores están de acuerdo en el efecto beneficioso del NPK sobre el porcentaje de gramíneas y su acción depresiva sobre las leguminosas y "otras" plantas. Así NICZYPORUK y MORACZWWSKI (1987) señalan que con la fertilización NPK se consigue el mayor nivel de gramíneas (89,4%) y el menor en leguminosas (0,4%) y "otras" (10,2%). Por el contrario, el abonado fosfo-potásico es el que produce la mayor proporción de leguminosas (14,9%) y la menor de gramíneas de los fertilizantes binarios.

Resultados semejantes indican KRZYWY *et al.* (1988), ya que con la fertilización NPK obtiene el máximo de gramíneas (97,7%) y el mínimo de leguminosas (0,8%) y de "otras" (1,5%). En este caso las gramíneas tienen un predominio total sobre el resto. En cambio, el

testigo presenta el menor porcentaje de gramíneas (76,6%) y más alto de leguminosas (12,9%) y "otras" (10,6%). Según dichos autores a medida que se pasa de N1P1K1 a N2P2K2 se aumenta la tasa de gramíneas (de 93,8 a 96,2%) y disminuyen las leguminosas (de 3,6 a 1,1%) y "otras" (de 3,8 a 2,7%).

Por su parte KRAJCOVIC *et al.* (1988a), en diferentes experimentos con dosis crecientes de nitrógeno (0-300 kg ha⁻¹), obtienen que a medida que se incrementa el nitrógeno lo hacen las gramíneas y disminuyen las leguminosas y "otras". Resultados parecidos señalan LEMAIRE *et al.* (1982), que consiguen el máximo de gramíneas (91,8%) con 100 kg N, desapareciendo las leguminosas y con un porcentaje pequeño de "otras" (8,2%). También RAMON y JOURDAN (1987) ponen de manifiesto una ausencia de leguminosas con NPK (160-100-100 kg ha⁻¹), pasando las gramíneas de 56 a 65% y permaneciendo estacionarias las "otras".

Numerosos autores fijan su atención en el porcentaje de trébol blanco como especie representativa de las leguminosas y cuantifican su evolución en función del abonado. TYSON *et al.* (1990) señalan una variación en el trébol con el abonado NPK cifrado de la siguiente forma: 4,1% en el corte de Junio; 14,3% en el de Julio; 16,5% en el de Septiembre y un 5,3% en un corte tardío de finales de Octubre. Estos resultados son comparables a los obtenidos en los aquí descritos debido a que la tasa más elevada dentro del grupo de leguminosas corresponde al *Trifolium repens*.

En un prado mezcla de diferentes gramíneas con trébol blanco SIMPSON *et al.* (1988), obtiene que la proporción de éste crece con la aplicación de potasio y se reduce con la de nitrógeno. En ausencia de nitrógeno el trébol blanco se incrementa desde un 8,9% en el testigo a un 27,7% con 50 kg K; sin embargo, con 50 kg N hay que llegar a 100 kg K para alcanzar el máximo porcentaje de trébol blanco (15,3%). En nuestro caso, el potasio (bien sólo o asociado con el fósforo) tuvo una acción muy eficaz sobre las leguminosas.

Otros autores como KRALOVEC (1991) y DYCKMANS (1989) indican una reducción menos drástica del trébol blanco con la aplicación del nitrógeno. Así el para el primero existe una disminución desde un 36% en el testigo a un 21% con 100 kg N y 13% con 200 kg N; el segundo autor señala un descenso desde un 43% (testigo) a un 14% con 300 kg N.

La mayoría de los autores están de acuerdo con DE VRIES (citado por BONISCHOT, 1983) en que las leguminosas, y en especial el trébol blanco, tienen una preferencia por los suelos bien provistos de fósforo y potasio (VOISIN, 1967). Como ha constatado DE MONTARD *et al.* (1983) en un prado de siega, en ausencia de nitrógeno pero con 120-300 kg PK, el trébol blanco representa un 25-40% de la MS recolectada y produce una fijación en el suelo de 120-160 kg N. Nosotros hemos alcanzado esos porcentajes de leguminosas aunque con abonado menos intensivos.

Sin embargo BONISCHOT (1983) reconoce que el efecto del PK sobre el trébol blanco depende del modo de explotación, de la fertilidad del suelo, del abonado nitrogenado y de las

condiciones climatológicas del año. Así con el abonado PK el porcentaje de trébol blanco varía en los diferentes cortes de acuerdo con los años entre 2,5 a 15,7% en el primer corte; de 9,4 a 18,8% en el segundo y de 4,6 a 12,9% en el tercero. Nuestros resultados se encuentran en la misma línea.

En el ensayo aquí descrito se ha podido apreciar que la composición botánica está fuertemente influenciada por la relación existente entre el abonado nitrogenado y el fosfo-potásico, así como por el número de aprovechamientos. En general, como se observa en las Tablas 13 y 14, el porcentaje de gramíneas aumenta de forma notable con el abonado nitrogenado, sobre todo cuando el número de cortes es bajo y por lo tanto el intervalo entre ellos es muy largo (TROXLER, 1987). Los prados segados sólo dos veces al año empeoran por aumento de las gramíneas altas y sofoco de las bajas y cespitosas; además se eliminan prácticamente todos los tréboles existiendo la posibilidad de que se formen calvas en el césped. Una vez desencadenado el proceso puede contrarrestarse cambiando la explotación hacia el pastoreo o aumentando el número de siegas al año (KLITSCH, 1965).

Las reglas que rigen el crecimiento de las gramíneas son opuestas a las que siguen las leguminosas, ya que éstas se desarrollan en ausencia de nitrógeno o con niveles bajos y cuando el número de cortes es elevado. El nitrógeno actúa negativamente sobre la proporción de leguminosas ya que inhibe la actividad de las bacterias radicícolas que fijan el nitrógeno atmosférico. Además las leguminosas, y en particular el trébol blanco, no resisten la carencia de luz provocada por las gramíneas más foliosas y de tallo alto, que progresan extraordinariamente con nitrógeno.

Las leguminosas también se ven muy favorecidas por el abonado P, K y PK sobre todo en tres cortes, circunstancias poco favorables para el desarrollo de las gramíneas altas; en esta situación es cuando las condiciones son óptimas para las leguminosas y pueden demostrar todo su potencial productivo alcanzando altos porcentajes en la biomasa total.

JACOB y YOOK (1989) señalan que con el abonado NPK la proporción de leguminosas llegan a desaparecer por completo en dos cortes, mientras que con tres aprovechamientos el contenido es más sostenido, cae menos rápidamente y no llegan a eliminarse por completo (TROXLER, 1990). En nuestro ensayo el tratamiento NPK con dosis elevadas actúa de la misma forma, siendo el N1P1K1, con 60 kg N, el que mantiene una cantidad apreciable de leguminosas en el segundo (26,1%) y tercer corte (31,0%) y aún tiene una cierta presencia en el primero (7,2%). Con dos cortes y la misma dosis los porcentajes de leguminosas son más bajos (5,8% en Junio y 19,0% en Septiembre), pero no llegan a desaparecer.

TROXLER (1990) cuando compara la composición botánica en dos y tres cortes afirma que con el mismo abonado NPK, un aumento del número de cortes mejora el porcentaje de leguminosas y disminuye el de "otras" plantas. Resultados similares han sido obtenidos en nuestro ensayo si bien la proporción de "otras" se incrementa mucho, en tres cortes, en los

tratamientos con K (K1 y K2) y N2K2 en el aprovechamiento de Junio, así como con N2P2 y N2K2 en los cortes de Julio y Septiembre en que casi llegan a duplicarse al de gramíneas.

4.1.1. Consideraciones Generales.

Si tomamos los valores de cada tratamiento, como media de las tres dosis, en la Figura 4 se representan la composición botánica de los ocho tratamientos estudiados (Testigo, N, P, K, NP, NK, PK y NPK) con los porcentajes de las distintas fracciones, en dos y tres cortes.

En el caso de dos aprovechamientos, en el corte de Junio los mayores porcentajes medios de gramíneas se dan en los tratamientos con N (82,0%), NP (84,2%) y sobre todo en NPK (87,0%); los valores más bajos aparecen en el testigo (60,5%), seguido de K (69,8%), PK (74,5%) y P (74,6%).

Por el contrario las leguminosas siguen una trayectoria inversa a las gramíneas, ya que N (3,3%), NP (1,8%) y NPK (2,8%) son las parcelas que tienen valores más pequeños. Como hemos visto anteriormente dentro de NP hay tratamientos como N2P2 o N3P3 en los que las leguminosas han desaparecido por completo; igual ocurre con N3P3K3. El testigo tiene un contenido medio en leguminosas (8,8%) que sólo es superado por P (10,6%), K (10,2%) y PK (13,3%), que son los valores más altos.

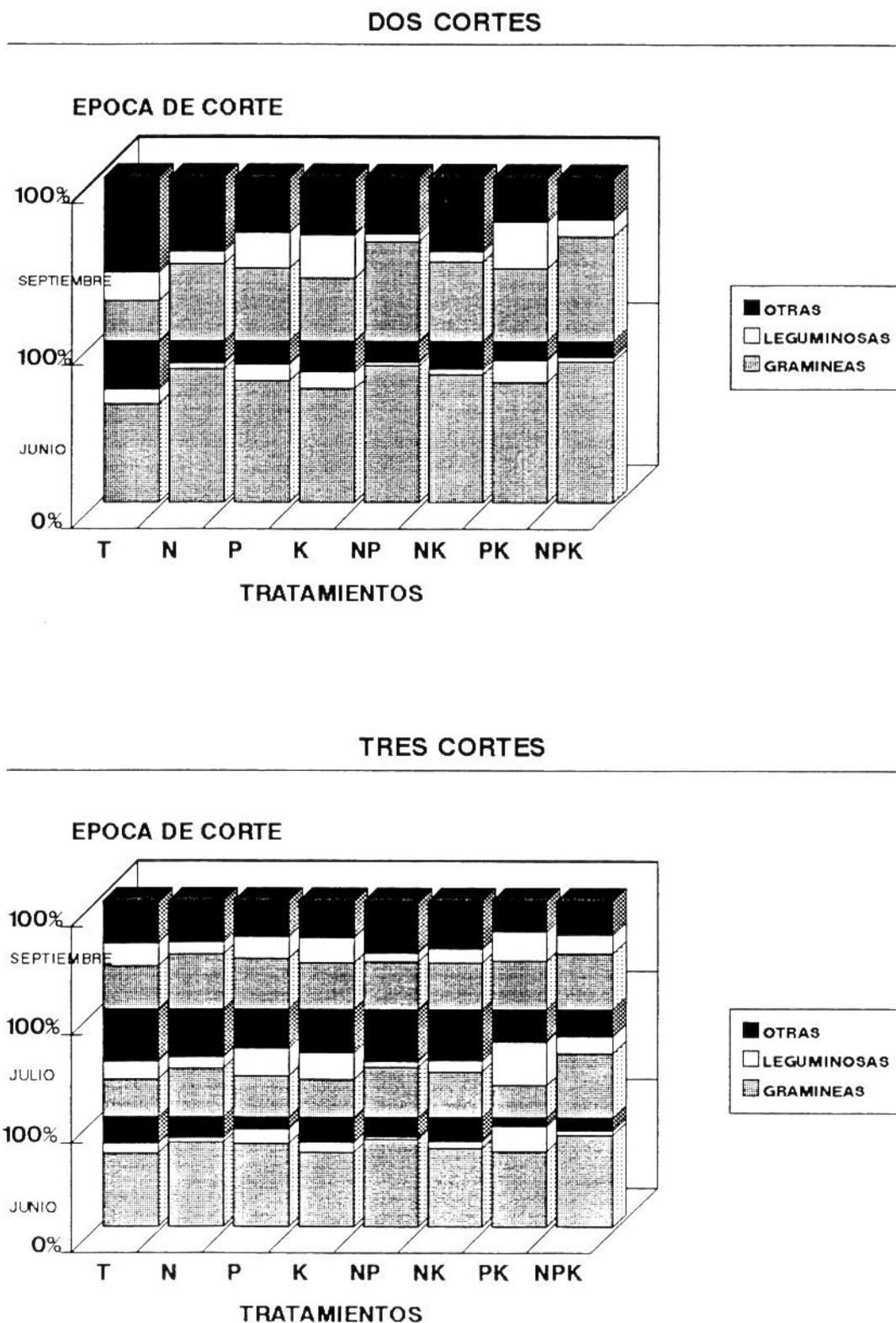
En el caso de las "otras" no presentan variaciones tan acusadas como los grupos anteriores, correspondiendo el valor máximo al testigo (30,7%), seguidos por K (20,0%) y NK (18,1%) que favorecen su presencia. Los valores mínimos se alcanzan con PK (12,2%) y NPK (10,2%).

Siguiendo con dos cortes se observa en Septiembre un mayor contenido en gramíneas en NP (60,9%) y NPK (63,9%); el N (47,1%) y NK (48,6%) se sitúan en un segundo plano. En general los porcentajes medios de gramíneas son un 39% más bajos que en Junio. El testigo (24,5%) es el tratamiento que tiene el valor más bajo seguido, con bastante diferencia, por K (38,8%), P (44,9) y PK (44,8%), como ocurría en Junio.

De nuevo se cumple la relación que los tratamientos con menor porcentaje de gramíneas son los que poseen altos contenidos medios en leguminosas. De esta forma, K (26,3%), PK (28,5%) y en menor medida P (21,2%) son los que tienen la mejor provisión de leguminosas, superiores al testigo (17,3%). Los valores más bajos se observan con N (7,8%), NP (4,8%) y NK (6,3%).

Las "otras" toman la tasa más elevada en el testigo (58,2%) seguidos de N y NK (45,1%); el más bajo se sitúa en NPK (25,5%) y PK (26,7%) que era el que tenía mayor contenido en leguminosas.

Figura 4.- Composición botánica (% de MS)



En el caso de tres aprovechamientos (Figura 4) los niveles más elevados de gramíneas, en el primer corte, igual que ocurría en Junio con dos cortes, se dan con el N (76,8%), NP (80,1%) y sobre todo en NPK (84,3%); los más bajos corresponden al testigo (67,4%), K (67,9%) y PK (68,9%).

Respecto a las leguminosas los valores máximos se producen con P (13,5%) y PK (23,1%) y los mínimos en los que llevan una base nitrogenada como son N (4,5%), NP (2,5%), NK (5,7%) y NPK (4,2%). El testigo (8,2%) ocupa un lugar intermedio.

En las "otras" plantas el contenido más elevado se alcanza en el testigo (24,4%), obteniéndose también valores altos con K (23,2%) y NK (22,3%). El P (10,7%), PK (8,0%) y NPK (11,5%) son los tratamientos en los que se observan unos porcentajes más bajos.

Las gramíneas del corte de Julio presentan la misma tendencia que en el primero, aunque con valores más bajos. Los porcentajes más altos se alcanzan con N (45,6%), NP (46,1%) y sobre todo con NPK (59,2%); los más bajos con PK (29,9%), testigo (35,4%) y K (35,9%).

Como también se mantiene la relación inversa entre las gramíneas y las leguminosas, las tasas más altas de las segundas se localizan en P (25,0%), K (23,5%) y, sobre todo, en PK que toma un valor medio muy elevado (40,0%). El testigo (16,3%) se sitúa en un lugar intermedio, correspondiendo los porcentajes más bajos a los tratamientos con base nitrogenada.

Los contenidos medios de las "otras" alcanzan cifras más altas en el testigo, NP y NK con valores en torno al 48%. La cifra más baja corresponde al NPK (25,7%), seguido de cerca por PK (30,1%).

El tercer corte (Septiembre) se caracteriza por unos porcentajes en gramíneas superiores a los de Julio, aunque muy por debajo de los correspondientes a Junio. El contenido máximo se obtiene con N (51,3%) y NPK (52,3%) seguidos de P (46,8%) y PK (45,1%). El testigo (40,4%) adquiere el valor más bajo aunque con escasas diferencias respecto al resto de los tratamientos.

En las leguminosas los valores máximos se consiguen con P (19,9%), K (22,9%) y sobre todo con PK (27,2%), aunque está lejos del valor alcanzado en el segundo corte (40,0%); el testigo de éste aprovechamiento (20,8%) presenta la cifra más elevada de los tres cortes. Los porcentajes más bajos de leguminosas son superiores a sus homólogos del segundo corte y se consiguen con N (11,2%) y NK (12,9%), siendo NP (8,3%) el más pequeño. El NPK (17,0%) mantiene en este caso un valor intermedio.

El porcentaje de "otras" está positivamente influenciado por NP (47,7%) y NK (44,0%), correspondiendo los datos más bajos a PK (27,7%) y NPK (30,7%). El testigo (38,8%) y N (37,5%) se sitúan en lugares intermedios.

4.2. Variación en la producción de gramíneas, leguminosas y "otras plantas".

Cuando se comparan dos sistemas de producción vegetal como es el caso de dos frecuencias de corte, en las que el aprovechamiento se realiza en fechas e incluso en meses diferentes, es muy difícil llegar a una conclusión definitiva en función de los porcentajes de gramíneas, leguminosas y de "otras", sobre todo si se trata de hacer una evaluación global. Idéntico problema surge al intentar comparar los porcentajes de proteína o fibra.

Por esta razón, en este apartado, presentamos y discutimos los resultados de la composición botánica en forma de producciones de los tres grupos, lo que nos permite sumar el efecto de cada tratamiento en los diferentes cortes y comparar los rendimientos totales en ambas frecuencias de corte.

En las Tablas 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34 y 35 se expresan las producciones (kg MS ha⁻¹) de las gramíneas, leguminosas y "otras" plantas, en cada uno de los cortes y el total en función del abonado y del ritmo de aprovechamiento del prado (dos/tres cortes).

4.2.1. Nitrógeno.

4.2.1.1. Gramíneas.

Dos cortes.

Un incremento de las dosis de nitrógeno se traduce en una mejora de la producción de gramíneas (Tabla 15). En Junio las diferencias significativas se establecen con respecto al testigo desde la dosis más baja y en Septiembre tan solo con N3 (180 kg). En el total ocurre igual que en el segundo corte y únicamente se alcanza la significación con N3. En todos los casos se origina un bache con la dosis media (120 kg).

Tres cortes.

En Junio se advierte un descenso gradual de gramíneas al aumentar los niveles de nitrógeno, con diferencias significativas entre el testigo con N1 y N2. Por el contrario, en Julio y Septiembre se obtiene un incremento en la producción al adicionar nitrógeno, aunque no hay diferencias significativas. En el último corte también se observa una caída en la dosis intermedia (N2). En relación a la producción total, se aprecia un ascenso notable de las gramíneas en N1 y posteriormente un descenso hasta N3, estableciéndose diferencias significativas exclusivamente entre el testigo y N1.

Tabla 15.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO y la frecuencia de corte sobre la producción de gramíneas (kg MS ha⁻¹).

| | DOSIS DE NITRÓGENO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|--|--|---------|---------|---------|------|--------|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | | |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 3.135a | 5.971b | 5.485b | 6.376b | * | 2.327 |
| Septiembre | 543a | 1.217ab | 834ab | 1.443b | * | 716 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 2.360a | 3.941b | 3.622b | 3.188ab | * | 889 |
| Julio | 522 | 671 | 749 | 817 | NS | 346 |
| Septiembre | 579 | 711 | 493 | 755 | NS | 279 |
| Total (2C) | 3.678a | 7.188ab | 6.139ab | 7.819b | * | 3.824 |
| Total (3C) | 3.461a | 5.322b | 4.864ab | 4.760ab | * | 1.663 |
| DIFERENCIA (%) | -5,9 | -26,0 | -23,0 | -39,1 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | ** | | |
| PRODUCTIVIDAD (por kg fertilizante) | | | | | | |
| 2 CORTES | | 58,5 | 22,0 | 23,0 | | |
| 3 CORTES | | 31,0 | 11,7 | 7,2 | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Comparación dos/tres cortes.

Mientras que en dos cortes se observa un aumento gradual de gramíneas con la adición de nitrógeno (hay una reducción en N2), en tres cortes se produce el efecto contrario, esto es, disminución de las gramíneas con nitrógeno desde N1 a N3

Con la aplicación de nitrógeno y tres cortes se presenta un descenso acusado en la producción total de gramíneas que oscila entre 23,0% con N2 a 39,1% con N3, resultando significativa ($\bar{O} = 0,01\%$) esta última diferencia.

Si calculamos la productividad del nitrógeno en función de las producciones totales de gramíneas señaladas en la Tabla 15 obtenemos, en el caso de dos cortes, unos valores de 58,5 (N1), 22,0 (N2) y 23,0 (N3) kg gramíneas/kg N aplicado. Comparando el corte de Junio con el de Septiembre con 60 kg N, la efectividad del primero es de 47,3 kg gramíneas/kg N frente a 11,2 del segundo, lo que confirma el gran efecto del nitrógeno sobre la vegetación y especialmente sobre las gramíneas en primavera (LEMAIRE *et al.*, 1982). Con tres cortes estas cifras son menores: 31,0 (N1), 11,7 (N2) y 7,2 (N3) kg gramíneas/kg N. También en este caso la mayor

productividad correspondió al primer corte (26,3) con N1, mientras que en el segundo y en el tercero fueron mucho más bajas (2,5 y 2,2 kg gramíneas/kg N).

4.2.1.2. Leguminosas.

Dos cortes.

En Junio se manifiesta un pequeño incremento de las leguminosas con N1 respecto al testigo para a continuación descender de forma acusada, presentándose diferencias significativas del testigo con N3 y entre N1 y N3 (Tabla 16). En la dosis N1 de Septiembre se mantiene la producción de leguminosas en relación al testigo, para posteriormente decrecer de manera acusada hasta N3.

Referente a la producción total, también en N1 se produce un ligero aumento de las leguminosas para después mermar bruscamente. En este caso solamente hay diferencias significativas entre el testigo y N1 respecto a N3.

Tabla 16.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO y la frecuencia de corte sobre la producción de leguminosas (kg MS ha⁻¹).

| | DOSIS DE NITRÓGENO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|--|--|-------|-------|-------|------|--------|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | | |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 426a | 472a | 174ab | 62b | * | 315 |
| Septiembre | 389a | 388a | 217ab | 28b | * | 278 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 290 | 328 | 269 | 74 | NS | 315 |
| Julio | 251 | 224 | 125 | 140 | NS | 209 |
| Septiembre | 300a | 190ab | 138b | 101b | * | 135 |
| Total (2C) | 815a | 860a | 391ab | 90b | * | 542 |
| Total (3C) | 841 | 742 | 532 | 315 | NS | 561 |
| DIFERENCIA (%) | 3,2 | -13,7 | 36,1 | 250,0 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |
| PRODUCTIVIDAD (por kg fertilizante) | | | | | | |
| 2 CORTES | | 0,7 | -3,5 | -4,0 | | |
| 3 CORTES | | -1,6 | -2,6 | -2,9 | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Tres cortes.

Tan solo en el corte de Junio con N1 aumentan las leguminosas, en el resto de los aprovechamientos y en el total se originan descensos, y de forma más acentuada, cuando la adición de nitrógeno es mayor. Únicamente hay diferencias significativas en el corte de Septiembre. Como se observa en la Tabla 16, la caída en la producción total de leguminosas en tres cortes es más suave y menos energética que en el caso de dos cortes, pero lo hace desde la primera dosis (60 kg N), mientras que en dos cortes con la misma se manifiesta un ligero incremento (5,5%).

DE MONTARD *et al.* (1983), en un ensayo con cuatro cortes, obtienen 1.200 kg ha⁻¹ de trébol blanco sin utilización de nitrógeno; 279 y 175 kg ha⁻¹ con 80 y 160 kg N, respectivamente. En nuestro caso se consigue una cantidad inferior en el testigo (841 kg ha⁻¹ de leguminosas en tres cortes) pero más alta con 60 y 120 kg N (742 y 532 kg ha⁻¹).

Comparación dos/tres cortes.

Con tres aprovechamientos se produce una mayor cantidad de leguminosas, si exceptuamos a la primera dosis (60 kg N) en la que se obtiene una depresión (13,7%). Las diferencias más acusadas entre ambas frecuencias de corte tienen lugar cuando aumentan los niveles de nitrógeno; así los incrementos en la producción van desde 36,1% con N2 a 250% con N3.

En relación con la productividad se advierte que únicamente con N1 en dos cortes se consigue un pequeño efecto positivo de 0,75 kg leguminosas/kg N; en el resto de los tratamientos son negativas: -3,5 (N2) y -4,0 (N3) kg leguminosas/kg N. En el caso de tres cortes los valores son menos acusados: -1,6 (N1); -2,6 (N2) y -2,9 (N3) kg leguminosas/kg N. Sin embargo estas cifras son muy inferiores a las señaladas por GONZALEZ (1986) en una pradera mixta, en la que el nitrógeno (0-180 kg N) provoca una productividad de -16, -7 y -9 kg trébol/kg N.

4.2.1.3. "Otras".

Dos cortes.

Como se observa en la Tabla 17 se produce, en Junio, una depresión de las "otras" con el nitrógeno; sin embargo, con 120 kg de N hay un aumento de dicha fracción que va asociado a la disminución, en la misma dosis, de las gramíneas. Los valores más bajos y con diferencias significativas se alcanzan con N3. Idéntico comportamiento se aprecia en Septiembre, aunque en este caso no existe significación, siendo el valor de N2 superior al testigo.

Tres cortes.

En ninguno de los tres cortes, ni en la suma de los mismos, se advierten diferencias significativas. Sin embargo se aprecia una elevación en las "otras" en N2 y una igualdad entre N1 y N3, con pequeñas diferencias respecto al testigo.

Tabla 17.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO y la frecuencia de corte sobre la producción de otras (kg MS ha⁻¹).

| DOSIS DE NITRÓGENO-FÓSFORO-POTASIO kg ha⁻¹ año⁻¹ | | | | | | |
|---|--------|---------|--------|-------|------|--------|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | SIG. | M.D.S. |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 1.465a | 1.044ab | 8.663b | 700b | * | 620 |
| Septiembre | 1.273 | 1.131 | 1.649 | 832 | NS | 1.167 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 840 | 799 | 1.097 | 700 | NS | 471 |
| Julio | 709 | 641 | 776 | 776 | NS | 353 |
| Septiembre | 557 | 493 | 426 | 495 | NS | 269 |
| Total (2C) | 2.738 | 2.175 | 3.074 | 1.532 | NS | 1.610 |
| Total (3C) | 2.106 | 1.933 | 2.299 | 1.971 | NS | 914 |
| DIFERENCIA(%) | -23,1 | -11,1 | -25,2 | 28,6 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Comparación dos/tres cortes.

Frente a las pequeñas diferencias que se observaban en el testigo en el caso de las gramíneas (-5,9%) y de las leguminosas (3,2%), en las "otras" son más acusadas con disminución en los tres cortes (-23,1%). Igual ocurre en N1 (-11,8%) y N2 (-25,2%). Por el contrario en N3 se produce un cambio drástico de signo y la producción de "otras" pasan a ser superiores con tres aprovechamientos (28,6%). En ningún caso estas diferencias fueron significativas.

En las "otras" no se observan respuestas tan claras como en el caso de gramíneas y leguminosas y sólo se aprecian diferencias significativas en Junio con dos cortes.

4.2.2. Fósforo.

4.2.2.1. Gramíneas.

Dos cortes.

Tanto en Junio como en Septiembre se advierte un incremento sustancial de gramíneas con la adición de fósforo, aunque únicamente es significativo en Septiembre. La producción total se incrementa claramente al aumentar el nivel de fósforo, aunque sin obtener diferencias significativas (Tabla 18).

Tabla 18.- Efecto de las dosis de FÓSFORO y la frecuencia de corte sobre la producción de gramíneas (kg MS ha⁻¹).

| | DOSIS DE FÓSFORO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|--|--|---------|---------|---------|------|--------|
| | 0 | 80 | 160 | 240 | | |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 3.135 | 4.438 | 5.008 | 5.694 | NS | 3.424 |
| Septiembre | 543a | 1.316b | 1.425b | 1.521b | ** | 648 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 2.360a | 3.249ab | 4.568ab | 5.812b | ** | 2.632 |
| Julio | 522a | 587ab | 866bc | 934c | * | 338 |
| Septiembre | 579a | 801ab | 1.373c | 1.171bc | ** | 501 |
| Total (2C) | 3.678 | 5.754 | 6.433 | 7.215 | NS | 3.620 |
| Total (3C) | 3.461a | 4.637ab | 6.807bc | 7.917c | ** | 2.453 |
| DIFERENCIA (%) | 3,2 | -19,4 | 5,8 | 9,7 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |
| PRODUCTIVIDAD (por kg fertilizante) | | | | | | |
| 2 CORTES | | 26,0 | 17,2 | 14,7 | | |
| 3 CORTES | | 14,7 | 20,9 | 18,6 | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Tres cortes.

Como en el caso anterior hay un aumento claro y significativo de las gramíneas; en Junio únicamente hay diferencias entre el testigo y P3 (240 kg), en Julio y Septiembre con P2 (160 kg) y P3. En lo que atañe a la producción total la respuesta es más clara y las diferencias significativas se establecen entre el testigo con P2 y P3.

Comparación dos/tres cortes.

En cuanto a la comparación de ambos sistemas hay que señalar que tanto en el testigo (-5,8%) como con P1 (-19,4%) disminuye la cantidad de gramíneas en tres cortes; por el contrario P2 (5,8%) y P3 (9,7%) la favorecen, aunque con ligeros incrementos.

La productividad del fósforo, deducida de la Tabla 18, es en el caso de dos cortes de 26,0 (P1), 17,2 (P2) y 14,7 (P3) kg gramíneas/kg P. En tres cortes es más baja en P1 (14,7) pero adquiere valores más elevados con P2 y P3 (20,9 y 18,6 kg gramíneas/kg P). Estos valores son más bajos que los obtenidos con N1; sin embargo P2 y P3, en tres cortes, fueron superiores a sus homólogas nitrogenadas (N2 11,7 y N3 7,2 kg gramíneas/kg N). Esto nos sugiere que las dosis medias y altas de fósforo son más eficaces en la producción de gramíneas, en tres cortes, que las correspondientes de nitrógeno.

4.2.2.2. Leguminosas.

Dos cortes.

Se produce en Junio un incremento de las leguminosas en todos los niveles de fósforo (Tabla 19). En Septiembre se da un aumento fuerte en P1 y luego una disminución lenta hasta P3 aunque con valores muy por encima del testigo. En la producción total se advierte, igualmente, un aumento con las diferentes dosis si bien, en ninguno de los casos, las diferencias fueron significativas.

Tres cortes.

Se observa un aumento muy sustancial de leguminosas con 80 y 240 kg P en cada uno de los tres aprovechamientos, con una disminución, en relación con las dosis anteriores, con 160 kg P. Únicamente en el corte de Junio se produce significación entre el testigo y P3.

Tabla 19.- Efecto de las dosis de FÓSFORO y la frecuencia de corte sobre la producción de leguminosas (kg MS ha⁻¹).

| | DOSIS DE FÓSFORO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|--|--|-------|-------|-------|------|--------|
| | 0 | 80 | 160 | 240 | | |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 426 | 518 | 649 | 754 | NS | 425 |
| Septiembre | 389 | 778 | 712 | 683 | NS | 654 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 229a | 830ab | 590ab | 944b | * | 653 |
| Julio | 251 | 702 | 441 | 683 | NS | 845 |
| Septiembre | 300 | 516 | 1.347 | 570 | NS | 321 |
| Total (2C) | 815 | 1.296 | 1.361 | 1.437 | NS | 1.030 |
| Total (3C) | 841 | 2.048 | 1.378 | 2.197 | NS | 1.644 |
| DIFERENCIA (%) | 3,2 | 58,0 | 1,2 | 52,9 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |
| PRODUCTIVIDAD (por kg fertilizante) | | | | | | |
| 2 CORTES | | 6,0 | 3,4 | 2,6 | | |
| 3 CORTES | | 15,1 | 3,4 | 5,6 | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Comparación dos/tres cortes.

La producción de leguminosas se ve muy favorecida en tres cortes, sobre todo con P1 (58,0%) y P3 (52,9%), teniendo P2 una cuantía casi idéntica en ambas frecuencias.

El fósforo tiene una acción muy positiva sobre las leguminosas (Tabla 19), así la productividad de éste elemento es de 6,0 (P1); 3,4 (P2) y 2,6 (P3) kg leguminosas/kg P. Con tres cortes las cifras son superiores: 15,1 (P1); 3,4 (P2) y 5,6 (P3) kg leguminosas/kg P. A la vista de estos valores se puede afirmar que, el efecto del fósforo sobre la producción de leguminosas tiene menos entidad que sobre la de gramíneas, debido lógicamente a que las primeras, en el caso más favorable, no alcanzan el 40% de la biomasa en un corte mientras que las gramíneas pueden llegar al 90%.

Sin embargo, en términos relativos, las leguminosas incrementan su rendimiento de forma más importante que las gramíneas en relación al testigo, ya que en el caso más favorable de ambas (tres cortes) las primeras lo hacen un 161% y en 129% las gramíneas.

4.2.2.3. "Otras".

Dos cortes.

Se advierte tanto en Junio como en Septiembre una disminución a medida que aumentan las dosis de fósforo, siendo máxima con 240 kg P; no apreciándose diferencias significativas (Tabla 20).

Tabla 20.- Efecto de las dosis de FÓSFORO y la frecuencia de corte sobre la producción de otras (kg MS ha⁻¹).

| DOSIS DE NITRÓGENO-FÓSFORO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | | | |
|--|-------|--------|-------|-------|------|--------|
| | 0 | 80 | 160 | 240 | SIG. | M.D.S. |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 1.465 | 1.095 | 1.059 | 647 | NS | 1.023 |
| Septiembre | 1.273 | 1.108 | 1.274 | 1.074 | NS | 935 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 840 | 635 | 645 | 543 | NS | 459 |
| Julio | 709 | 844 | 838 | 649 | NS | 465 |
| Septiembre | 557 | 475293 | 844 | 764 | NS | 325 |
| Total (2C) | 2.738 | 2.203 | 2.333 | 1.721 | NS | 1.801 |
| Total (3C) | 2.106 | 2.231 | 2.327 | 1.956 | NS | 872 |
| DIFERENCIA(%) | -23,1 | 1,3 | -0,2 | 13,6 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Tres cortes.

El rendimiento en Junio está por debajo del testigo y disminuye con la adición de fósforo. Sin embargo en el corte de Julio las dos primeras dosis de fósforo son superiores al mismo y en el caso de Septiembre las tres. En la producción total únicamente el nivel P3 tiene una cantidad ligeramente inferior al testigo.

Comparación dos/tres cortes.

La intensificación del aprovechamiento disminuye, de forma marcada, la producción de "otras" en la parcela no fertilizada (-23,1%). Por el contrario con 240 kg P se vio favorecida (13,6%).

4.2.3. Potasio.

4.2.3.1. Gramíneas.

Dos cortes.

Como se observa en la Tabla 21, las diferentes dosis de potasio incrementan ligeramente las gramíneas en Junio. En Septiembre este desarrollo se produce hasta K2 para después disminuir ligeramente. En la producción total tampoco existen diferencias apreciables entre tratamientos salvo con el testigo, no observándose significación.

Tres cortes.

Tampoco se aprecian diferencias significativas en los cortes de Junio y Julio pero sí en Septiembre entre K1 con el testigo y K2. En la producción total tampoco se advierten diferencias entre los niveles de potasio.

La cantidad de gramíneas aquí conseguida con el nivel bajo de potasio (4.577 kg MS ha⁻¹) es inferior a la indicada por SIMPSON *et al.* (1988), que obtienen 5.610 kg MS ha⁻¹ con 50 kg K.

Comparación dos/tres cortes.

En el paso de dos a tres cortes, con el potasio como único elemento fertilizante, se aprecia una reducción de gramíneas en todos los tratamientos. Tal como se observa en la Tabla 21, dicha disminución oscila desde 9,5% con 60 kg K hasta 24,5% con 120 kg K. La dosis más alta (180 kg K) ocupa un lugar intermedio (19,0%).

Tabla 21.- Efecto de las dosis de POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de gramíneas (kg MS ha⁻¹).

| | DOSIS DE POTASIO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|--|--|-------|-------|-------|------|--------|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | | |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 3.135 | 4.021 | 4.175 | 4.312 | NS | 2.731 |
| Septiembre | 543 | 1.037 | 1.128 | 825 | NS | 586 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 2.360 | 3.165 | 2.779 | 3.051 | NS | 1.357 |
| Julio | 522 | 582 | 634 | 593 | NS | 310 |
| Septiembre | 579a | 830b | 589a | 598ab | * | 239 |
| Total (2C) | 3.678 | 5.058 | 5.303 | 5.237 | NS | 3.030 |
| Total (3C) | 3.461 | 4.577 | 4.002 | 4.242 | NS | 1.186 |
| DIFERENCIA (%) | -5,9 | -9,5 | -24,5 | -19,0 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |
| PRODUCTIVIDAD (por kg fertilizante) | | | | | | |
| 2 CORTES | | 23,0 | 13,5 | 8,7 | | |
| 3 CORTES | | 18,6 | 4,5 | 4,3 | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Las cifras de productividad del potasio, deducidas de los rendimientos totales reflejados en la Tabla 21, fueron en dos cortes de 23,0 (K1); 13,5 (K2) y 8,7 (K3) kg gramíneas/kg K. Estos valores están por debajo de los conseguidos con el fósforo aunque en el caso de K1 se acerca bastante a P1. En tres cortes fueron de 18,6 (K1); 4,5 (K2) y 4,3 (K3) kg gramíneas/kg K; en este caso únicamente el dato obtenido con K1 es superior al señalado para P1 (14,7 kg gramíneas/kg P).

4.2.3.2. Leguminosas.

Dos cortes.

Con las dosis de potasio se advierte en Junio un desarrollo ligero de las leguminosas, que es más acusado en Septiembre con diferencias significativas entre el testigo y K3. En la producción total se sigue una secuencia ascendente pero no significativa (Tabla 22).

Tabla 22.- Efecto de las dosis de POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de leguminosas (kg MS ha⁻¹).

| | DOSIS DE POTASIO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|--|--|-------|-------|--------|------|--------|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | | |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 426 | 431 | 609 | 639 | NS | 337 |
| Septiembre | 389a | 678ab | 649ab | 1.113b | * | 679 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 290 | 482 | 227 | 455 | NS | 321 |
| Julio | 251 | 576 | 264 | 439 | NS | 430 |
| Septiembre | 300 | 375 | 328 | 442 | NS | 346 |
| Total (2C) | 815 | 1.109 | 1.258 | 1.752 | NS | 948 |
| Total (3C) | 841 | 1.433 | 819 | 1.336 | NS | 1.017 |
| DIFERENCIA (%) | 3,2 | 29,2 | -34,9 | -23,7 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |
| PRODUCTIVIDAD (por kg fertilizante) | | | | | | |
| 2 CORTES | | 4,9 | 3,7 | 5,2 | | |
| 3 CORTES | | 9,9 | -0,2 | 2,7 | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Tres cortes.

En este ritmo de aprovechamiento del prado la producción de leguminosas sigue un curso irregular; mientras que en Junio y Julio se da la máxima tasa con 60 kg K, en Septiembre se logra con 180 kg K, por ello la producción total presenta el máximo con K1. En cualquier caso no se aprecian diferencias significativas.

La cantidad de leguminosas obtenida es inferior a la señalada por SIMPSON *et al.* (1988) que consiguen una producción máxima de 2.210 kg MS ha⁻¹ con 50 kg K, mientras que en nuestro ensayo el mejor rendimiento fue de 1.433 kg MS ha⁻¹ con 60 kg K.

Comparación dos/tres cortes.

Es preciso destacar que con 60 kg K se favorece la producción de leguminosas en tres cortes (29,2%), mientras que con 120 kg (-34,9%) y 180 kg K (-23,7%) resulta perjudicada.

La eficiencia del potasio deducida de la Tabla 22 sigue una secuencia irregular, que en el caso de dos cortes toma unos valores de 4,9 (K1); 3,7 (K2) y 5,2 (K3) kg leguminosas/kg K. Con tres cortes la distribución es más irregular: 9,9 (K1), -0,18 (K2) y 2,7 (K3) kg leguminosas/kg K.

4.2.3.3. "Otras".

Dos cortes.

En ambos cortes y en el total se advierte un descenso en las "otras" de K1 a K2 con una recuperación en K3, pero sin obtener diferencias significativas y siendo en todos los casos los valores inferiores al testigo.

Tres cortes.

Se observa en las tres siegas un avance sustancial de las "otras" con 60 kg de K para luego descender en las restantes dosis por debajo incluso del testigo. En Junio hay diferencias significativas entre K1 y K2 con K3.

La producción total presenta un comportamiento divergente con su homóloga de dos cortes, ya que las biomásas más altas se alcanzan con 60 kg de potasio.

Comparación dos/tres cortes.

Como consecuencia de efectos contrapuestos, que hemos señalado anteriormente, se manifiesta una acción variable entre ambas frecuencias de corte. De esta forma, K1 (17,5%) y K2 (26,4%) aumentan la producción de "otras" con tres cortes, mientras que en el testigo (-23,1%) y con K3 (-33,0%) se consigue una merma sustancial en las mismas.

Tabla 23.- Efecto de las dosis de POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de otras (kg MS ha⁻¹).

| | DOSIS DE POTASIO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|-----------------------|--|--------|--------|-------|------|--------|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | | |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 1.465 | 1.174 | 1.346 | 754 | NS | 652 |
| Septiembre | 1.273 | 1.042 | 1.001 | 1.184 | NS | 1.082 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 840ab | 1.218a | 1.247a | 564b | * | 608 |
| Julio | 709 | 725 | 680 | 638 | NS | 316 |
| Septiembre | 557 | 661 | 494 | 492 | NS | 261 |
| Total (2C) | 2.738 | 2.216 | 1.915 | 2.530 | NS | 1.373 |
| Total (3C) | 2.106 | 2.604 | 2.421 | 1.694 | NS | 939 |
| DIFERENCIA (%) | -23,1 | 17,5 | 26,4 | -33,0 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

4.2.4. Nitrógeno-Fósforo.

4.2.4.1. Gramíneas.

Dos cortes.

Tanto en Junio como en Septiembre y en la suma total se origina un aumento de gramíneas con la adición de NP (Tabla 24). En el corte de Junio y Septiembre son significativas las diferencias entre el testigo y N3P3 (180-240 kg) y en la producción total del testigo con N2P2 (120-160 kg) y N3P3.

Tabla 24.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO-FÓSFORO y la frecuencia de corte sobre la producción de gramíneas (kg MS ha⁻¹).

| DOSIS DE NITRÓGENO-FÓSFORO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | | | |
|--|--------|---------|---------|---------|------|--------|
| | 0-0 | 60-80 | 120-160 | 180-240 | SIG. | M.D.S. |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 3.135a | 6.386ab | 7.074ab | 7.902 | * | 3.970 |
| Septiembre | 543 | 1.514ab | 1.611ab | 2.160b | * | 1.215 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 2.360 | 5.931b | 6.132b | 6.493b | *** | 2.104 |
| Julio | 552 | 850 | 574 | 902 | NS | 456 |
| Septiembre | 579 | 713ab | 562a | 914b | NS | 345 |
| Total (2C) | 3.678a | 7.900b | 8.685b | 10.062b | * | 4.973 |
| Total (3C) | 3.461a | 7.494b | 7.268b | 8.309b | *** | 2.537 |
| DIFERENCIA (%) | -5,9 | -5,1 | -16,3 | -17,4 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Tres cortes.

En el de Junio hay diferencias notables y significativas ($\hat{\sigma} = 0,001$) entre el testigo y las distintas dosis de NP. Por el contrario no se aprecian en el corte de Julio, que sigue una trayectoria irregular con un máximo en N3P3. En Septiembre tan solo hay diferencias significativas entre N2P2 y N3P3. Respecto a la producción total las diferencias ($\hat{\sigma} = 0,001$) se dan entre el testigo y el resto de los tratamientos.

Comparación dos/tres cortes.

Los tres cortes tienen un efecto negativo sobre las gramíneas tanto más acentuado, cuanto más elevados son los niveles de NP; con la dosis más elevada (180-240 kg NP) se obtienen las máximas diferencias (-17,4%).

4.2.4.2. Leguminosas.

Dos cortes.

En la Tabla 25 se advierte que el NP tiene un efecto negativo y significativo sobre las leguminosas, tanto en Junio como en Septiembre y en la suma total. Con N1P1 aún se mantiene la misma tasa que en el testigo, pero al aumentar los niveles de NP el efecto es drástico y borra casi por completo la presencia de leguminosas. La acción del NP es mucho más importante que cuando actúa el nitrógeno solo, ya que en este caso las leguminosas no llegan a desaparecer del todo.

Tabla 25.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO-FÓSFORO y la frecuencia de corte sobre la producción de leguminosas (kg MS ha⁻¹).

| DOSIS DE NITRÓGENO-FÓSFORO kg ha⁻¹ año⁻¹ | | | | | | |
|---|-------|---------|---------|---------|------|--------|
| | 0-0 | 60-80 | 120-160 | 180-240 | SIG. | M.D.S. |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 426a | 416a | 0b | 2b | *** | 262 |
| Septiembre | 389a | 385a | 22b | 13b | N**S | 311 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 229ab | 505b | 43a | 21a | * | 413 |
| Julio | 251ab | 382b | 13a | 14a | * | 352 |
| Septiembre | 300ab | 413a | 38b | 60ab | * | 372 |
| Total (2C) | 815a | 801a | 22b | 15b | *** | 487 |
| Total (3C) | 841ac | 1.300bc | 94a | 95a | * | 984 |
| DIFERENCIA (%) | 3,2 | 62,3 | 327,3 | 533,3 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Tres cortes.

En este caso la acción es menos enérgica, aunque también bastante fuerte. La primera dosis (N1P1) eleva de forma sustancial, aunque no significativa, las leguminosas en los tres aprovechamientos para descender, a niveles muy bajos, en el resto de las dosis. Las diferencias significativas únicamente se establecen entre N1P1 y el resto de los tratamientos nitro-fosfóricos.

Comparación dos/tres cortes.

En la producción de leguminosas se consigue un crecimiento muy importante al pasar a tres siegas, sobre todo en N1P1 (62,3%). Con N2P2 y N3P3 se obtienen también incrementos importantes pero a partir de valores muy bajos.

4.2.4.3. "Otras".

Dos cortes.

Tanto en Junio como en Septiembre y en la suma total se observa un descenso sustancial de las "otras" con la fertilización NP, pero con un repunte positivo en N2P2 (Tabla 26). No hay diferencias significativas y la producción total de "otras" se mantuvo siempre por debajo del testigo.

Tabla 26.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO-FÓSFORO y la frecuencia de corte sobre la producción de otras (kg MS ha⁻¹).

| DOSIS DE NITRÓGENO-FÓSFORO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | | | |
|--|--------|---------|---------|---------|------|--------|
| | 0-0 | 60-80 | 120-160 | 180-240 | SIG. | M.D.S. |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 1.465 | 1.301 | 1.246 | 870 | NS | 1.057 |
| Septiembre | 1.273 | 1.016 | 1.335 | 783 | NS | 1.374 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 840a | 1.124ab | 1.894b | 1.062 | * | 969 |
| Julio | 709 | 769 | 1.086 | 659 | NS | 606 |
| Septiembre | 557a | 958b | 943b | 541a | * | 338 |
| Total (2C) | 2.738 | 2.317 | 2.581 | 1.653 | NS | 2.172 |
| Total (3C) | 2.106a | 2.851ab | 3.923b | 2.262ab | * | 1.755 |
| DIFERENCIA (%) | -23,1 | 23,0 | 52,0 | 36,8 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Tres cortes.

En el primer aprovechamiento se advierte un crecimiento significativo hasta N2P2 para después disminuir. Igual ocurre en Julio aunque no hay diferencias significativas. En Septiembre la tasa más elevada se sitúa con N1P1 y N2P2. En la total se observa un incremento significativo desde el testigo a N2P2 y luego una merma, aunque el valor más bajo se mantiene por encima del testigo.

Comparación dos/tres cortes.

Mientras que las "otras" disminuyen su rendimiento un 23,1% en el testigo al pasar de dos a tres aprovechamientos, las dosis de fertilizantes la incrementan. La máxima diferencia entre ambas frecuencias se logra con N2P2 (52,0%), no advirtiéndose diferencias significativas en ningún tratamiento.

La acción conjunta de la fertilización nitro-fosfórica y el aumento del número de siegas favorece a las "otras" ya que si en dos cortes todas las dosis se mantiene por debajo del testigo con tres, y desde la primera dosis, la producción de "otras" es más alta. En ambos sistemas se observa un aumento con N2P2 que en el caso de tres cortes es muy importante y significativo.

4.2.5. Nitrógeno-Potasio.

4.2.5.1. Gramíneas.

Dos cortes.

Según se aprecia en la Tabla 27 se produce en Junio un aumento de las gramíneas con diferencias significativas entre el testigo y N3K3 (180-180 kg), hecho que se repite en Septiembre si bien con N2K2 (120-120 kg) se origina un pequeño descenso. En la producción total se advierte una elevación clara desde N1K1 (6.035 kg) hasta N3K3 (8.870 kg) que resulta significativa con respecto al testigo (3.678 kg).

Tres cortes.

En Junio se consigue un incremento significativo con N3K3, lo mismo sucede en Julio pero sin apreciarse diferencias significativas. Por el contrario, en Septiembre tiene lugar una disminución de las gramíneas en N2K2 con diferencias significativas respecto al resto de los tratamientos. En la producción total se observa una tendencia al desarrollo de las gramíneas con NK pero con una caída significativa en N2K2.

Tabla 27.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO-POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de gramíneas (kg MS ha⁻¹).

| DOSIS DE NITRÓGENO-POTASIO kg ha⁻¹ año⁻¹ | | | | | | |
|---|--------|---------|---------|---------|------|--------|
| | 0-0 | 60-60 | 120-120 | 180-180 | SIG. | M.D.S. |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 3.135a | 4.790ab | 5.522ab | 6.959b | * | 3.783 |
| Septiembre | 543a | 1.245 | 979ab | .911b | * | 977 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 2.360a | 4.069ab | 3.050ab | 4.486b | * | 1.855 |
| Julio | 522 | 688 | 665 | 911 | NS | 460 |
| Septiembre | 579a | 769a | 333b | 697a | ** | 243 |
| Total (2C) | 3.678a | 6.035ab | 6.501ab | 8.870b | * | 4.541 |
| Total (3C) | 3.461a | 5.526bc | 4.048ab | 6.094c | ** | 1.896 |
| DIFERENCIA (%) | -5,9 | -8,4 | -37,7 | -31,3 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Según datos obtenidos por SIMPSON *et al.*, (1988) en un prado mezcla de diferentes gramíneas con trébol blanco, la máxima cuantía de las primeras fue de 9.030 kg MS ha⁻¹ con 50-50 kg NK, mientras que con una dosis de 50-100 kg NK eran algo inferiores. Comportamientos similares, aunque con valores menores, se consiguen en este ensayo.

Comparación dos/tres cortes.

Se aprecia en todos los tratamientos un descenso de gramíneas con tres cortes que es significativo para la dosis 180-180 kg NK (-31,3%). No obstante la máxima diferencia se ocasiona con N2K2 (-37,7%).

4.2.5.2. Leguminosas.

Dos cortes.

Se observa tanto en Junio y Septiembre una tendencia a disminuir las leguminosas al aumentar la fertilización NK (Tabla 28), siendo en Septiembre significativa entre el testigo con N3K3 (180-180 kg). La producción total sigue la misma tendencia de empobrecimiento con diferencias significativas del testigo con respecto a N2K2 y N3K3.

En comparación con la fertilización nitro-fosfórica, donde las leguminosas casi llegan a desaparecer con N2P2 y N3P3, el efecto del nitrógeno asociado al potasio es menos drástico y aunque también disminuye su biomasa se mantiene a unos niveles más elevados.

Tabla 28.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO-POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de leguminosas (kg MS ha⁻¹).

| DOSIS DE NITRÓGENO-POTASIO kg ha⁻¹ año⁻¹ | | | | | | |
|---|-------|-------|---------|---------|------|--------|
| | 0-0 | 60-60 | 120-120 | 180-180 | SIG. | M.D.S. |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 426 | 349 | 157 | 146 | NS | 316 |
| Septiembre | 389a | 328ab | 132ab | 47b | * | 294 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 290 | 250 | 213 | 432 | NS | 322 |
| Julio | 251 | 207 | 109 | 222 | NS | 253 |
| Septiembre | 300a | 282a | 91b | 188ab | * | 186 |
| Total (2C) | 815ab | 677bc | 289c | 193c | * | 505 |
| Total (3C) | 841 | 739 | 413 | 842 | NS | 676 |
| DIFERENCIA (%) | 3,2 | 9,1 | 42,9 | 336,3 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Tres cortes.

Se observa en las tres siegas un descenso, en general, de las leguminosas siendo máxima con la dosis 120-120 kg NK que, en el caso de Septiembre, es significativa y, posteriormente, una recuperación con 180-180 kg NK que se sitúa por encima del testigo en Junio.

En comparación con los descensos encontrados con la fertilización nitro-fosfórica, en la que tan solo N1P1 supera al testigo, los provocados por la nitro-potásica son más suaves e incluso superan (Junio) o igualan el valor del testigo (producción total) con altas dosis de nitrógeno (N3K3). Se confirma la teoría que el nitrógeno asociado con el potasio tiene un efecto menos depresivo sobre las leguminosas y con dosis altas es capaz de mantener buenas producciones de éstas, sobre todo en un sistema de explotación con tres cortes anuales (KLITSCH, 1965).

Este efecto ha sido puesto de manifiesto por SIMPSON *et al.* (1988) que incrementaron la cantidad de leguminosas desde 330 a 1.610 kg MS ha⁻¹ con el abonado potásico (0-100 kg K) añadido a una base nitrogenada (50 kg N). Nuestros rendimientos son más bajos, ya que en el caso más favorable se consiguen 842 kg MS leguminosas ha⁻¹ con 180-180 kg NK.

Por otro lado, estos mismos autores observaron que con fertilizantes nitro-potásicos las leguminosas disminuían un 37% respecto a los potásicos. En el ensayo aquí descrito los descensos medios con NK respecto a K fueron superiores: 71,9% (dos cortes) y 44,4% (tres cortes).

Comparación dos/tres cortes.

La producción de leguminosas se ve muy favorecida con la intensificación o aumento de siegas. A medida que se elevan los niveles de NK se origina un desarrollo importante de las mismas en porcentajes que van desde un 9,1% (N1K1) a un 336,3% (N3K3). También lo hizo el testigo aunque de forma más ligera (3,2%).

4.2.5.3. "Otras".

Dos cortes.

En la Tabla 29 no se aprecian diferencias significativas en los cortes de Junio, Septiembre o en la suma de ambos. En Junio se ve un descenso ligero al aumentar las dosis de NK; por el contrario en Septiembre se incrementa hasta la dosis intermedia y luego desciende, comportamiento que se repite con la suma de los dos.

Tabla 19.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO-POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de leguminosas (kg MS ha⁻¹).

| | DOSIS DE NITRÓGENO-POTASIO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|-----------------------|--|--------|---------|---------|------|--------|
| | 0-0 | 60-60 | 120-120 | 180-180 | | |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 1.465 | 1.410 | 1.243 | 1.110 | NS | 1.179 |
| Septiembre | 1.273 | 1.258 | 1.570 | 1.017 | NS | 1.070 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 840a | 979a | 1.446b | 1.023a | * | 421 |
| Julio | 709ab | 518a | 1.130b | 1.005b | * | 468 |
| Septiembre | 557 | 515 | 541 | 716 | NS | 351 |
| Total (2C) | 2.738 | 2.668 | 2.813 | 2.127 | NS | 2.114 |
| Total (3C) | 2.106a | 2.012a | 3.117b | 2.744ab | * | 831 |
| DIFERENCIA (%) | -23,1 | -24,6 | 10,8 | 29,0 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | * | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Tres cortes.

Los tres aprovechamientos presentan una distribución irregular; mientras que en Junio y Julio se alcanza el mejor rendimiento en N2K2 y se detectan diferencias significativas entre dosis, en Septiembre el mayor valor se consigue con N3K3. En la suma total de los tres cortes se produce un incremento significativo con un máximo en N2K2 (3.117 kg ha⁻¹).

Comparación dos/tres cortes.

En este apartado hay que señalar dos fases bien distintas. Tanto en el testigo como en N1K1 se produce una merma de las "otras" al pasar de dos a tres aprovechamientos; por el contrario se incrementan con N2K2 (10,8%) y N3K3 (29,0%), en ésta última de forma significativa.

Mientras que en la producción total de dos cortes sólo la dosis intermedia se mantenía por encima del testigo, en el caso de tres N2K2 y N3K3 son superiores al mismo. Es curioso constatar que los valores más bajos se sitúan en los extremos; es decir, N3K3 en el caso de dos cortes y N1K1 en tres.

4.2.6. Fósforo-Potasio.

4.2.6.1. Gramíneas.

Dos cortes.

En Tabla 30 se observa claramente un aumento significativo de las gramíneas como consecuencia del abonado fosfo-potásico, tanto en el primero y segundo corte como en la suma de ambos, que alcanza los 7.984 kg con 240-180 kg PK. En todos los casos el nivel más alto de abonado es el único que presenta diferencias significativas con el testigo.

Tres cortes.

La misma tendencia se mantiene en los tres aprovechamientos y en el total. En Junio y Julio las diferencias significativas se establecen entre el testigo y los niveles P2K2 y P3K3, mientras que en Septiembre y en la suma total la diferencia se establece sólo con P3K3, que a su vez fue la dosis más productiva con 7.263 kg ha⁻¹.

Comparación dos/tres cortes.

Las diferencias entre ambas frecuencias no fueron muy evidentes y además de distinto signo. Mientras que en el testigo (-5,9%) y P3K3 (-9,0%) las gramíneas eran inferiores en los tres cortes, con P1K1 (1,0%) y P2K2 (2,9%) fueron ligeramente más favorables.

En función de las cifras anteriores hay que destacar la enorme influencia que tiene el abonado fosfo-potásico en la producción de gramíneas, tanto en dos como en tres cortes; si tomamos como referencia los dos cortes la biomasa se incrementa desde un 67% con P1K1 a un 117% con P3K3 respecto al testigo (3.678 kg ha⁻¹).

Tabla 30.- Efecto de las dosis de FÓSFORO-POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de leguminosas (kg MS ha⁻¹).

| | DOSIS DE FÓSFORO-POTASIO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|-----------------------|--|---------|---------|---------|------|--------|
| | 0-0 | 80-60 | 160-120 | 240-180 | | |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 3.135a | 4.731ab | 5.176ab | 6.407b | * | 2.844 |
| Septiembre | 543a | 1.397ab | 1.408ab | 1.577b | * | 883 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 2.360a | 4.507ab | 4.955b | 5.067b | * | 2.224 |
| Julio | 522a | 643ab | 782b | 768b | * | 184 |
| Septiembre | 579a | 1.038ab | 1.038ab | 1.428b | * | 600 |
| Total (2C) | 3.678a | 6.128ab | 6.584ab | 7.984b | * | 3.058 |
| Total (3C) | 3.461a | 6.188ab | 6.775b | 7.236b | * | 2.794 |
| DIFERENCIA (%) | -59, | 1,0 | 2,9 | -9,0 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

4.2.6.2. Leguminosas.

Dos cortes.

Se observa claramente en la Tabla 31 el incremento significativo de las leguminosas desde el testigo a P2K2 y un descenso en P3K3, si bien se sitúa por encima del testigo. Esta tendencia se comprueba fácilmente en Junio, Septiembre y en la suma total, encontrándose únicamente diferencias significativas entre el testigo y P2K2. La producción total con P2K2 fue de 2.368 kg MS ha⁻¹ lo que representa una mejora de 190% respecto al testigo (815 kg MS ha⁻¹).

Tres cortes.

Se aprecia en este caso un importante aumento de leguminosas desde el testigo a P3K3. Sin embargo en todos los cortes y en la suma total se produce una merma importante con P2K2, aunque no significativa, que rompe esa línea ascendente. Los rendimientos obtenidos en tres cortes son mucho más importantes que los señalados en dos, destacando 2.511 kg MS ha⁻¹ con P2K2 y 4.436 kg MS ha⁻¹ con P3K3, lo que indica un ascenso sobre el testigo (841 kg MS ha⁻¹) de 198 y 427% respectivamente.

Tabla 19.- Efecto de las dosis de FÓSFORO-POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de leguminosas (kg MS ha⁻¹).

| | DOSIS DE FÓSFORO-POTASIO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|-----------------------|--|---------|---------|---------|------|--------|
| | 0-0 | 80-60 | 160-120 | 240-180 | | |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 426a | 771ab | 1.317b | 653ab | * | 676 |
| Septiembre | 389a | 1.041b | 1.051b | 746ab | * | 626 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 290a | 1.652ab | 973ab | 2.230b | ** | 1.452 |
| Julio | 251 | 1.111 | 9911 | 1.278 | NS | 1.213 |
| Septiembre | 300a | 682ab | 547ab | 928b | * | 603 |
| Total (2C) | 815a | 1.812ab | 2.368b | 1.399ab | * | 1.403 |
| Total (3C) | 841a | 3.445ab | 2.511ab | 4.436b | * | 3.399 |
| DIFERENCIA (%) | 3,2 | 90,1 | 6,0 | 217,0 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | * | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

FRAME (1987) señala una tasa anual de trébol blanco de 5.370 kg MS ha⁻¹ con un abonado (60-60 kg PK ha⁻¹), bastante similar al utilizado con P1K1, resultando nuestras producciones de leguminosas inferiores a esas cifras (3.445 kg MS ha⁻¹).

Una de las grandes ventajas de los prados con elevada proporción de leguminosas, como los observados en los tratamientos con abonado fosfo-potásico, es su mayor capacidad de crecimiento en una época crítica como es el verano (siempre que dispongan de humedad suficiente) en el que las gramíneas tienen un crecimiento más lento. Esto hace que tengan una estacionalidad menor y por lo tanto una distribución más uniforme de la producción a lo largo de la primavera y verano, tal como hemos comentado al hablar de este tema en las producciones de hierba. Al mismo tiempo, estas leguminosas son capaces de sintetizarnos elevadas cantidades de nitrógeno, llegando a producir en una mezcla bien establecida de gramíneas y trébol blanco (sin

nitrógeno) alrededor de un 80% de lo conseguido por las mismas gramíneas con la aportación de 300-400 kg N ha⁻¹ (WILKINS, 1987; MORRISON, 1988). De ésta forma el sistema puede llegar a funcionar sin aportes externos de nitrógeno con el consiguiente ahorro energético.

Comparación dos/tres cortes.

Con P1K1 (90,1%) y P3K3 (217%) se consigue un desarrollo muy importante de leguminosas al pasar a tres siegas, resultando significativa ésta última diferencia. Con P2K2, como consecuencia de la disminución que comentamos anteriormente, sólo se obtiene un aumento del 6,0%. En la parcela sin fertilización no existe prácticamente diferencia al pasar de dos a tres aprovechamientos (3,2%).

4.2.6.3. "Otras".

Dos cortes.

En Junio se aprecia un descenso sustancial en las "otras" al aumentar las dosis de PK, estableciéndose diferencias significativas entre el testigo y P3K3 (Tabla 32). En Septiembre no hay diferencias significativas pero se observa también una disminución de las "otras", menos marcada que en Junio, y con un repunte en P2K2. En la suma total no se aprecia ésta ligera desviación y se manifiesta una rebaja, significativa, del 61% con 240-180 kg PK respecto al testigo (2.738 kg MS ha⁻¹).

Tres cortes.

En ninguno de los cortes se aprecian diferencias significativas, siguiendo cada uno tendencias diferentes: en Junio descienden las "otras" con la intensidad del abonado; en Julio la tendencia es irregular y en Septiembre hay un aumento del rendimiento con las dosis. Como consecuencia de lo anterior, en la producción total apenas hay diferencias respecto al testigo.

Tabla 32.- Efecto de las dosis de FÓSFORO-POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de otras (kg MS ha⁻¹).

| | DOSIS DE FÓSFORO-POTASIO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|-----------------------|--|---------|---------|---------|------|--------|
| | 0-0 | 80-60 | 160-120 | 240-180 | | |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 1.465a | 1.284ab | 913ab | 333b | * | 1.049 |
| Septiembre | 1.273 | 964 | 1.076 | 733 | NS | 828 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 840 | 633 | 544 | 498 | NS | 466 |
| Julio | 709 | 821 | 686 | 781 | NS | 381 |
| Septiembre | 557 | 641 | 731 | 749 | NS | 298 |
| Total (2C) | 2.738a | 2.248ab | 1.989ab | 1.066b | * | 1.245 |
| Total (3C) | 2.106 | 2.095 | 1.961 | 2.028 | NS | 669 |
| DIFERENCIA (%) | -23,1 | -6,8 | -1,4 | 90,2 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Comparación dos/tres cortes.

La acción conjunta de la fertilización fosfo-potásica y el cambio de dos a tres aprovechamientos favorece en gran medida a las "otras", pasando de valores negativos en el caso del testigo (-23,1% de diferencia) a positivos con la aplicación de 240-160 kg PK (90,0%).

4.2.7. Nitrógeno-Fósforo-Potasio.

4.2.7.1. Gramíneas.

Dos cortes.

En Junio hay un ascenso muy importante y significativo en las gramíneas, obteniéndose 9.024 kg MS ha⁻¹ con 180-240-180 kg NPK (Tabla 33). También se consigue un aumento importante en Septiembre, aunque las diferencias entre los tratamientos con NPK son pequeñas. En la producción total se aprecia, asimismo, un crecimiento significativo pero sólo respecto al testigo. Con N3P3K3 se alcanzan 10.954 kg MS ha⁻¹ de gramíneas, que significa un incremento de 198% sobre el testigo (3.678 kg MS ha⁻¹).

Tabla 33.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO-FÓSFORO-POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de gramíneas (kg MS ha⁻¹).

| DOSIS DE NITRÓGENO-FÓSFORO-POTASIO kg ha⁻¹ año⁻¹ | | | | | | |
|---|--------|----------|-------------|-------------|------|--------|
| | 0-0-0 | 60-80-60 | 120-160-120 | 180-240-180 | SIG. | M.D.S. |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 3.135a | 7.104b | 7.632b | 9.024b | ** | 3.507 |
| Septiembre | 543a | 1.992b | 2.094b | 1.930b | ** | 1.071 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 2.360a | 6.381b | 6.640b | 8.296b | *** | 2.007 |
| Julio | 522a | 977ab | 1.166ab | 1.460b | * | 891 |
| Septiembre | 579a | 1.003b | 1.217b | 977ab | ** | 417 |
| Total (2C) | 3.678a | 9.096b | 9.726b | 10.954b | ** | 4.324 |
| Total (3C) | 3.461a | 8.361b | 9.023bc | 10.733c | *** | 2.216 |
| DIFERENCIA (%) | -5,9 | -8,1 | -7,2 | -2,0 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Tres cortes.

En este caso se sigue la misma tónica anterior con respuestas claras y significativas respecto al testigo. En el corte de Junio hay diferencias con todos los tratamientos; en Julio con N3P3K3 y en Septiembre con N1P1K1 y N2P2K2. En la producción total las diferencias se establecen no sólo con la parcela sin fertilizar sino entre N1P1K1 y N3P3K3, alcanzando esta última un rendimiento de 10.723 kg MS ha⁻¹ lo que implica una elevación del 210% sobre el testigo (3.461 kg MS ha⁻¹).

Comparación dos/tres cortes.

En la producción de gramíneas existen pocas diferencias entre ambos sistemas, aunque siempre en sentido negativo con tres cortes. Según se observa en la Tabla 33 las diferencias se van acortando a medida que se incrementan las dosis de NPK, la mayor se logra con N1P1K1 (-8,1%) y la más pequeña con N3P3K3 (-2,0%).

4.2.7.2. Leguminosas.

Dos cortes.

Con 60-80-60 kg NPK se aumenta la biomasa de leguminosas respecto al testigo, tanto en Junio como Septiembre y en la suma total, para luego mermar de forma drástica hasta valores insignificantes con 180-240-180 kg NPK. En el caso de Junio y Septiembre las diferencias significativas se establecen entre N1P1K1 y N3P3K3, en la producción total entre prácticamente todos los tratamientos (Tabla 34).

Tres cortes.

Aunque se sigue la misma pauta que en dos cortes en este caso el descenso es más suave, ya que los valores se sitúan por encima del testigo en las dos primeras dosis en todos los aprovechamientos, con diferencias significativas en Septiembre.

La producción total de leguminosas se mantiene, igualmente, por encima del testigo con N1P1K1 (1.926 kg MS ha⁻¹) y N2P2K2 (1.012 kg MS ha⁻¹) que representa un incremento de 129% y 20%, respectivamente, en relación al testigo (841 kg MS ha⁻¹), para luego decrecer hasta el mínimo con N3P3K3 (343 kg MS ha⁻¹), estableciéndose diferencias significativas entre N1P1K1 y N3P3K3.

Las cifras conseguidas en este ensayo son inferiores a las indicadas por FRAME (1987) que obtiene una media de 4.200 kg MS de trébol blanco con NPK (80-60-60 kg). Con la adición de nitrógeno al abonado PK este autor señala una reducción de trébol blanco del 21,8%, pero en nuestro ensayo la disminución de leguminosas es mucho mayor (44%) tomando como referencia a P1K1 con relación a N1P1K1 en tres cortes.

Tabla 34.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO-FÓSFORO-POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de leguminosas (kg MS ha⁻¹).

| DOSIS DE NITRÓGENO-FÓSFORO-POTASIO kg ha⁻¹ año⁻¹ | | | | | | |
|---|-------|----------|-------------|-------------|------|--------|
| | 0-0-0 | 60-80-60 | 120-160-120 | 180-240-180 | SIG. | M.D.S. |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 426ab | 521a | 234ab | 3b | * | 455 |
| Septiembre | 389ab | 669a | 388ab | 11b | * | 590 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 290 | 559 | 357 | 125 | NS | 561 |
| Julio | 251 | 612 | 354 | 79 | NS | 585 |
| Septiembre | 300ab | 755a | 301ab | 139b | * | 540 |
| Total (2C) | 815a | 1.190b | 622a | 114c | *** | 277 |
| Total (3C) | 841 | 1.926a | 1.012ab | 343b | * | 1.558 |
| DIFERENCIA (%) | 3,2 | 61,8 | 62,7 | 2.350 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Comparación dos/tres cortes.

La fertilización NPK favorece muy positivamente a las leguminosas en tres cortes y en todas las dosis, sobre todo con N1P1K1 (61,8%) y N2P2K2 (62,7%). Aunque los incrementos de producción son también muy elevados en N3P3K3 se trata de porcentajes sobre cantidades pequeñas que desvirtúan la realidad.

Los datos anteriores confirman la teoría clásica (KLITSCH, 1965; VOISIN, 1967) que la aplicación temprana de nitrógeno, tal como se efectúa en este ensayo (a finales de invierno), acompañado de una base fosfo-potásica suficiente estimula el crecimiento primaveral de las gramíneas y mantiene una buena tasa de trébol en primavera-verano (WILKINS, 1987; FRAME, 1987; MUNRO, 1988). Además una intensificación en la utilización del prado (paso de dos a tres cortes) tiene un efecto muy beneficioso ya que como hemos visto, no sólo se aumenta la producción de leguminosas con N1P1K1 (60 kg N), sino que también es capaz de hacerlo incluso con dosis más intensivas de nitrógeno (120 kg N) en N2P2K2.

Esto demuestra que cuando el nitrógeno va acompañado de la combinación fosfo-potásica tiene un efecto menos adverso sobre las leguminosas al aumentar el número de cortes, que se debe, sin duda, a que una explotación más frecuente suprime la dominancia de las gramíneas altas y amacolladas y favorece a las bajas y cespitosas lo que provoca la entrada de luz en las capas bajas del césped y la proliferación del trébol y otras leguminosas (KLITSCH, 1965).

4.2.7.3. "Otras".

Dos cortes.

Como se aprecia en la Tabla 35 la fertilización NPK hace disminuir en Junio a las "otras", existiendo únicamente significación entre el testigo y la dosis N3P3K3, que fue la menos productiva. En Septiembre se redujeron, igualmente, con respecto al testigo pero sin significación. Respecto a la suma total se advierte una merma sustancial con la adición de NPK y las diferencias significativas se establecen entre el testigo y N2P2K2, en que se produjo un descenso del 43% respecto al testigo (2.738 kg MS ha⁻¹).

Tres cortes.

Las "otras" muestran una distribución irregular que se traduce en la suma total de los tres cortes en un descenso del 23,1% respecto al testigo en N1P1K1, que tiene el rendimiento más bajo; un aumento en N2P2K2 que se sitúa por encima del testigo y una igualdad con el mismo en N3P3K3. Entre N1P1K1 y N2P2K2, que son los valores extremos, se establecen diferencias significativas.

Comparación dos/tres cortes.

Tanto en el testigo como en N1P1K1 la biomasa de "otras" es menor en tres cortes. Sin embargo con N2P2K2 se presenta un aumento sustancial y significativo de un 63,4% con tres cortes que también se observa en N3P3K3, aunque con un incremento menor (28,0%).

Tabla 35.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO-FÓSFORO-POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de otras (kg MS ha⁻¹).

| DOSIS DE NITRÓGENO-FÓSFORO-POTASIO kg ha⁻¹ año⁻¹ | | | | | | |
|---|---------|----------|-------------|-------------|------|--------|
| | 0-0-0 | 60-80-60 | 120-160-120 | 180-240-180 | SIG. | M.D.S. |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 1.465a | 1.131ab | 797ab | 742b | * | 719 |
| Septiembre | 1.273 | 810 | 772 | 893 | NS | 752 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 840 | 640 | 1.373 | 860 | NS | 836 |
| Julio | 709 | 460 | 497 | 560 | NS | 311 |
| Septiembre | 557 | 520 | 694 | 673 | NS | 304 |
| Total (2C) | 2.738a | 1.941ab | 1.569b | 1.635ab | * | 1.155 |
| Total (3C) | 2.106ab | 1.620a | 2.564b | 2.093ab | * | 769 |
| DIFERENCIA (%) | -23,1 | -16,5 | 63,4 | 28,0 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

4.2.8. Consideraciones generales.

En la Tabla 36 se presenta un resumen de los efectos de la fertilización mineral sobre las producciones totales (kg MS ha⁻¹) de gramíneas, leguminosas y "otras", obtenidas de la suma de los diferentes aprovechamientos en las dos frecuencias de corte. Esto nos va a permitir comparar entre sí los 22 tratamientos y la evolución en los dos ritmos de explotación.

En dos cortes la mayor producción de gramíneas se consigue con N3P3K3 (10.954 kg ha⁻¹) y N3P3 (10.062 kg ha⁻¹). Por el contrario los valores más bajos se localizan en el testigo (3.678 kg ha⁻¹) y en los tratamientos que llevan sólo potasio, que apenas superaron 5.000 kg MS ha⁻¹.

La producción de leguminosas está muy favorecida, en dos cortes, con P2K2 (2.368 kg ha⁻¹), P1K1 (1.812 kg ha⁻¹) y K3 (1.752 kg ha⁻¹). Sin embargo son extraordinariamente bajas en N3P3K3 (14 kg ha⁻¹), N3P3 (15 kg ha⁻¹), N2P2 (22 kg ha⁻¹) y N3 (90 kg ha⁻¹).

Tabla 36.- influencia de la fertilización y la frecuencia de corte sobre la producción botánica total (kg MS ha⁻¹). (medias de tres años con dos y tres cortes)

| N-P-K | DOS CORTES | | | TRES CORTES | | |
|-------|------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| | GRAM. | LEG. | OTRAS | GRAM. | LEG. | OTRAS |
| 0-0-0 | 3.678 | 815 | 2.738 | 3.461 | 841 | 2.106 |
| 1-0-0 | 7.188 | 860 | 2.175 | 5.322 | 742 | 1.933 |
| 2-0-0 | 6.319 | 391 | 3.074 | 4.864 | 532 | 2.299 |
| 3-0-0 | 7.819 | 90 | 1.532 | 4.760 | 315 | 1.971 |
| 0-1-0 | 5.754 | 1.296 | 2.203 | 4.637 | 2.048 | 2.231 |
| 0-2-0 | 6.433 | 1.361 | 2.333 | 6.807 | 1.378 | 2.327 |
| 0-3-0 | 7.215 | 1.437 | 1.721 | 7.917 | 2.197 | 1.956 |
| 0-0-1 | 5.058 | 1.109 | 2.216 | 4.577 | 1.433 | 2.604 |
| 0-0-2 | 5.303 | 1.258 | 1.915 | 4.002 | 819 | 2.421 |
| 0-0-3 | 5.237 | 1.752 | 2.530 | 4.242 | 1.336 | 1.694 |
| 1-1-0 | 7.900 | 801 | 2.317 | 7.494 | 1.300 | 2.851 |
| 2-2-0 | 8.685 | 22 | 2.581 | 7.268 | 94 | 3.923 |
| 3-3-0 | 10.062 | 15 | 1.653 | 8.309 | 95 | 2.262 |
| 1-0-1 | 6.035 | 677 | 2.668 | 5.526 | 739 | 2.012 |
| 2-0-2 | 6.501 | 289 | 2.813 | 4.048 | 413 | 3.117 |
| 3-0-3 | 8.870 | 193 | 2.127 | 6.094 | 842 | 2.744 |
| 0-1-1 | 6.128 | 1.812 | 2.248 | 6.188 | 3.445 | 2.095 |
| 0-2-2 | 6.584 | 2.368 | 1.989 | 6.775 | 2.511 | 1.961 |
| 0-3-3 | 7.984 | 1.399 | 1.066 | 7.263 | 4.436 | 2.028 |
| 1-1-1 | 9.096 | 1.190 | 1.941 | 8.361 | 1.926 | 1.620 |
| 2-2-2 | 9.726 | 622 | 1.569 | 9.023 | 1.012 | 2.564 |
| 3-3-3 | 10.954 | 14 | 1.635 | 10.733 | 343 | 2.093 |

En las leguminosas cabe destacar que no solamente los tratamientos fosfóricos, potásicos o fosfo-potásicos superan al testigo (815 kg ha⁻¹), sino que los nitrogenados en su nivel más bajo se sitúan con valores próximos al mismo como en el caso de N1 (860 kg ha⁻¹), N1P1 (801 kg ha⁻¹) y N1P1K1 (1.190 kg ha⁻¹). No obstante la caída más drástica en el rendimiento de leguminosas tiene lugar con los nitro-fosfóricos y la más suave con los nitro-potásicos.

La cuantía más baja de "otras", en dos cortes, se localiza con P3K3 (1.066 kg ha⁻¹), N3 (1.532 kg ha⁻¹), N2P2K2 (1.569 kg ha⁻¹), N3P3K3 (1.635 kg ha⁻¹) y N3P3 (1.653 kg ha⁻¹) que coinciden con los tratamientos que presentan la mayor producción de gramíneas y/o la menor de leguminosas. Por el contrario los valores más altos corresponden a N2 (3.074 kg ha⁻¹), N2K2 (2.813 kg ha⁻¹), testigo (2.738 kg ha⁻¹) y N1K1 (2.668 kg ha⁻¹).

En tres cortes también la máxima cantidad de gramíneas se logra con el abonado NPK (10.733, 9.023 y 8.361 kg ha⁻¹ de mayor a menor nivel de fertilización), seguido de N3P3 (8.309

kg ha⁻¹). Las más bajas corresponden al testigo (3.461 kg ha⁻¹), K2 (4.002 kg ha⁻¹), N3K3 (4.048 kg ha⁻¹) y K3 (4.242 kg ha⁻¹).

En las leguminosas hay que destacar el extraordinario rendimiento alcanzado por P3K3 (4.436 kg ha⁻¹) y P1K1 (3.445 kg ha⁻¹). Los valores más bajos corresponden al N2P2 y N3P3 (94 y 95 kg ha⁻¹, respectivamente).

En tres cortes cabe destacar que, además de unos rendimientos mayores que en dos, la caída en los rendimientos de leguminosas con el abonado nitrogenado es menor, ya que incluso con 180 kg N éstas no llegan a desaparecer (315 kg ha⁻¹). También hay que señalar los buenos resultados de algunos tratamientos con nitrógeno que se sitúan por encima del testigo como 60-80-60 kg NPK (1.926 kg ha⁻¹), 60-80 kg NP (1.300 kg ha⁻¹) y 120-160-120 kg NPK (1.012 kg ha⁻¹). La bajada más drástica se produce con 120-160 y 180-240 kg NP.

La cosecha más baja de "otras" se sitúa en N1P1K1 (1.620 kg ha⁻¹) y K3 (1.694 kg ha⁻¹) seguidos de una serie de tratamientos con rendimientos en torno a los 2.000 kg ha⁻¹ (N1, N3, P3, N1K1, P1K1, P2K2, P3K3 y N3P3K3) que se sitúan por debajo del testigo (2.106 kg ha⁻¹). Por el contrario con N2P2 (3.923 kg ha⁻¹) y N2K2 (3.117 kg ha⁻¹) se consiguen unos valores muy elevados.

Por otro lado, si utilizamos las producciones de cada tratamiento como media de las tres dosis, en la Figura 5 se representa los ocho tratamientos estudiados (Testigo, N, P, K, NP, NK, PK y NPK) con las producciones (kg MS ha⁻¹) de las distintas fracciones botánicas, en dos y tres cortes.

Tanto en dos como en tres cortes, la producción máxima de gramíneas se consigue con la fertilización NPK (9.925 y 9.372 kg ha⁻¹) y NP (8.882 y 7.690 kg ha⁻¹); mientras que las más bajas se sitúan en el testigo (3.678 y 3.461 kg ha⁻¹) y K (5.199 y 4.274 kg ha⁻¹).

Al comparar los rendimientos totales se observa claramente (Figura 5) que el aumento en el número de aprovechamientos disminuye la producción de gramíneas en todos los tratamientos, a excepción del fósforo que permanece constante. La disminución más importante se manifiesta con nitrógeno (29,9%) siendo significativa ($\bar{O} = 0,01$) frente a su homólogo con dos cortes, NK (26,8%,) igualmente significativa ($\bar{O} = 0,05$), K (17,8%) y NP (13,4%); en el resto de los tratamientos (testigo, PK y NPK) las variaciones son mínimas.

La cantidad de leguminosas conseguida en dos cortes (Figura 5) fue máxima en PK (1.860 kg ha⁻¹) seguida de K (1.373 kg ha⁻¹) y P (1.365 kg ha⁻¹). El resto de los tratamientos rindieron por debajo del testigo (815 kg ha⁻¹) siendo los más bajos el NP (279 kg ha⁻¹) y NK (386 kg ha⁻¹).

En tres cortes, al igual que ocurría en dos, la biomasa más elevada se localiza en PK (3.464 kg ha⁻¹) pero en este caso con una gran diferencia con el resto de los tratamientos; en un segundo plano se sitúan P (1.874 kg ha⁻¹) y K (1.196 kg ha⁻¹). Con éste sistema de

aprovechamiento (tres siegas) el NP (496 kg ha⁻¹), N (530 kg ha⁻¹) y NK (665 kg ha⁻¹) se sitúan por debajo del testigo (841 kg ha⁻¹).

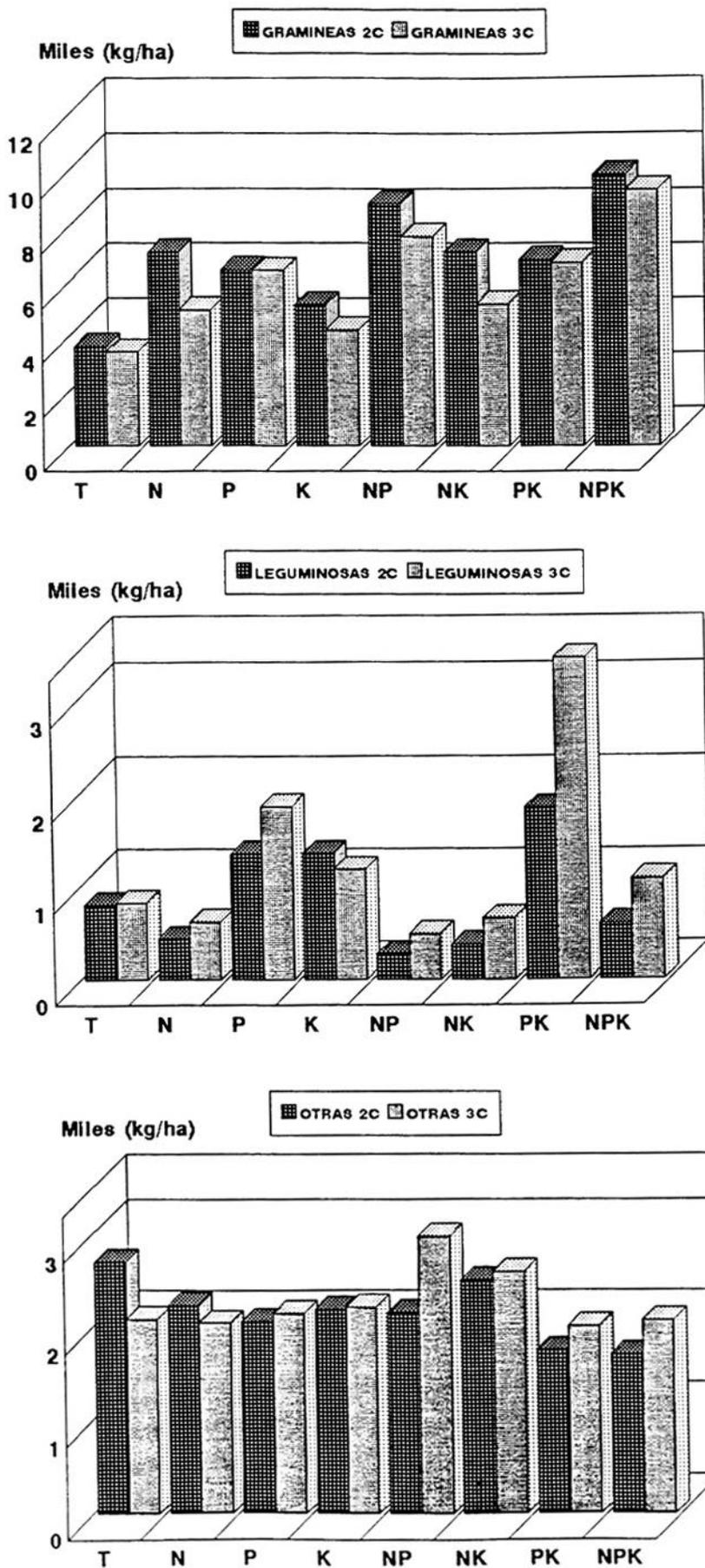
Comparando dos con tres cortes sólo el K (12,9%) disminuyó su rendimiento medio con tres cortes; en el resto de los tratamientos las producciones aumentaron con tres aprovechamientos, destacando la fertilización fosfo-potásica que obtuvo una diferencia, significativa ($\alpha = 0,01$), del 86,2% en comparación con su homólogo de dos cortes. Igualmente destacaron el NPK (79,6%), NP (77,8%) y NK (72,3%).

En las "otras", con dos cortes, todos los tratamientos se sitúan por debajo del testigo (2.738 kg ha⁻¹); los más bajos correspondieron a NPK (1.715 kg ha⁻¹), PK (1.768 kg ha⁻¹) y P (2.086 kg ha⁻¹).

En tres cortes las mayores producciones se localizan en NP (3.012 kg ha⁻¹), NK (2.624 kg ha⁻¹), K (2.240 kg ha⁻¹) y P (2.171 kg ha⁻¹) que superaron al testigo (2.106 kg ha⁻¹); por el contrario con N (2.068 kg ha⁻¹), PK (2.028 kg ha⁻¹) y NPK (2.092 kg ha⁻¹) se obtienen los valores más bajos.

Comparando ambos sistemas de aprovechamiento, la cosecha de "otras" aumentó en tres cortes con el abonado NP (37,9%), NPK (22,0%), PK (14,7%) y en proporciones menores con P (4,1%), NK (3,5%) y K (1,0%). Por el contrario disminuyó en el testigo (23,1%) y con N (8,5%).

Figura 5.- Producción botánica total (comparación dos/tres cortes)



4.2.9. Equilibrio en la composición botánica.

A partir de las producciones por grupos botánicos, expuestos en la Tabla 36, se trata de seleccionar los mejores tratamientos que hagan compatible un elevado rendimiento de hierba con una "composición botánica equilibrada" (HB). Esta última variable se puede determinar mediante la diversidad por el índice de Shannon-Wiener (SHANNON y WEAVER, 1949) aplicado a las producciones de los tres grupos botánicos considerados, o bien, por la "repartición equitativa" o equilibrio en los diferentes grupos botánicos conseguidos por los índices: leguminosas/gramíneas o leguminosas/gramíneas+"otras". Con cualquiera de ellos el valor más alto se alcanza cuando la producción de las tres porciones representadas tiende a ser igual y es más bajo cuanto mayor es la desproporción de alguna de las fracciones. Generalmente es el grupo de las gramíneas el que alcanza niveles elevados en perjuicio de los otros dos.

En la Figura 6 se indica la relación entre el parámetro HB (indicativo del equilibrio entre los tres grupos de especies considerados) y la producción total (kg MS ha⁻¹). En ella se representan los valores de producción obtenidos en cada uno de los 22 tratamientos con dos y tres aprovechamientos. La distancia entre ambas frecuencias de corte, que se indica con una flecha, señala el desplazamiento que experimentan los parámetros (producción total y "equilibrio en la composición botánica") cuando se cambia el sistema de explotación desde dos a tres cortes. Cuanto más se desplacen los tratamientos hacia el ángulo superior derecho el resultado es más positivo, pues se logra una alta producción a la vez que se mantiene una óptima composición botánica. Por el contrario, valores bajos de HB, indican un desequilibrio a favor de las gramíneas que suele coincidir con elevadas cantidades de nitrógeno.

En dicha figura se observa que los tratamientos fosfo-potásicos, sobre todo P1K1 y P3K3 son los que muestran una mejor relación con incrementos sustanciales de las dos variables al aumentar la frecuencia de siega (tres cortes). Con dos cortes P1K1 y P2K2 mantienen también un buen equilibrio. Por el contrario con N3, N3K3 o N3P3, que también aumentan la diversidad al pasar de dos a tres cortes, las producciones disminuyen.

En el ángulo superior izquierdo se localiza el testigo, junto con los tratamientos potásicos e incluso el fosfórico en dosis baja, que tienen en común una alta diversidad pero bajas producciones.

Figura 6.- Relación entre la diversidad botánica (HB) y la producción total.

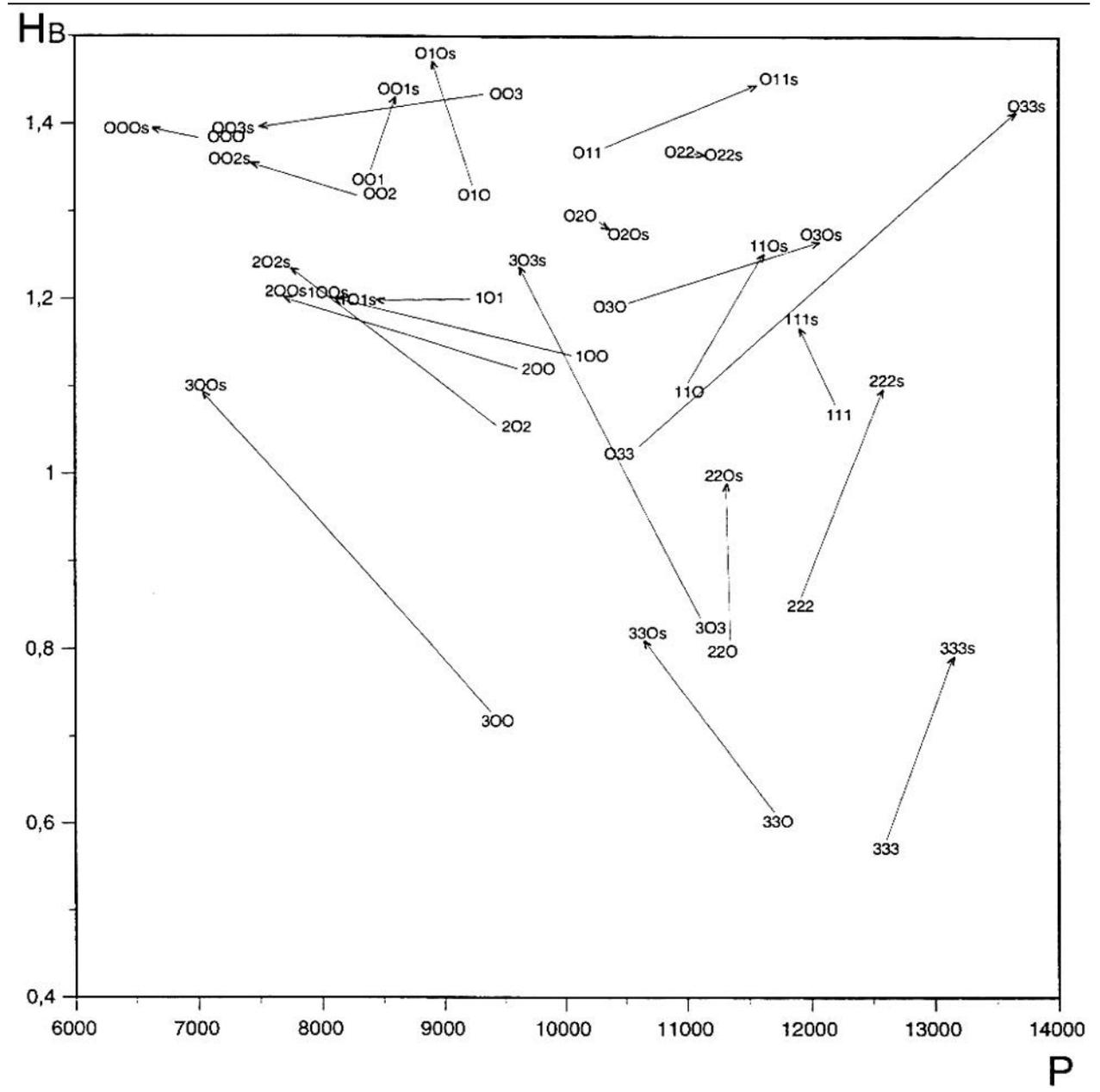


Figura 7.- Relación entre producción de leguminosas/gramíneas y la total.

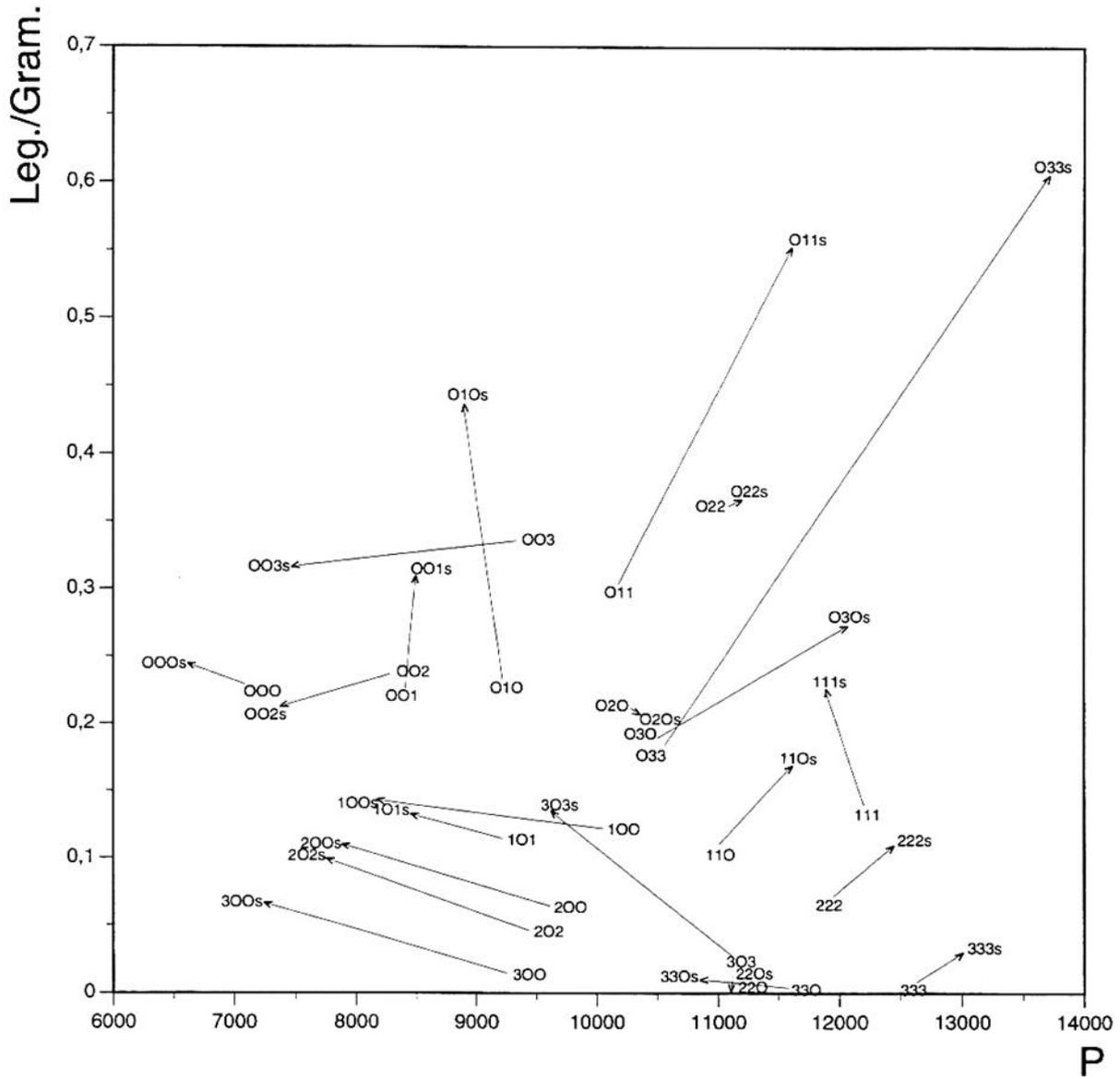
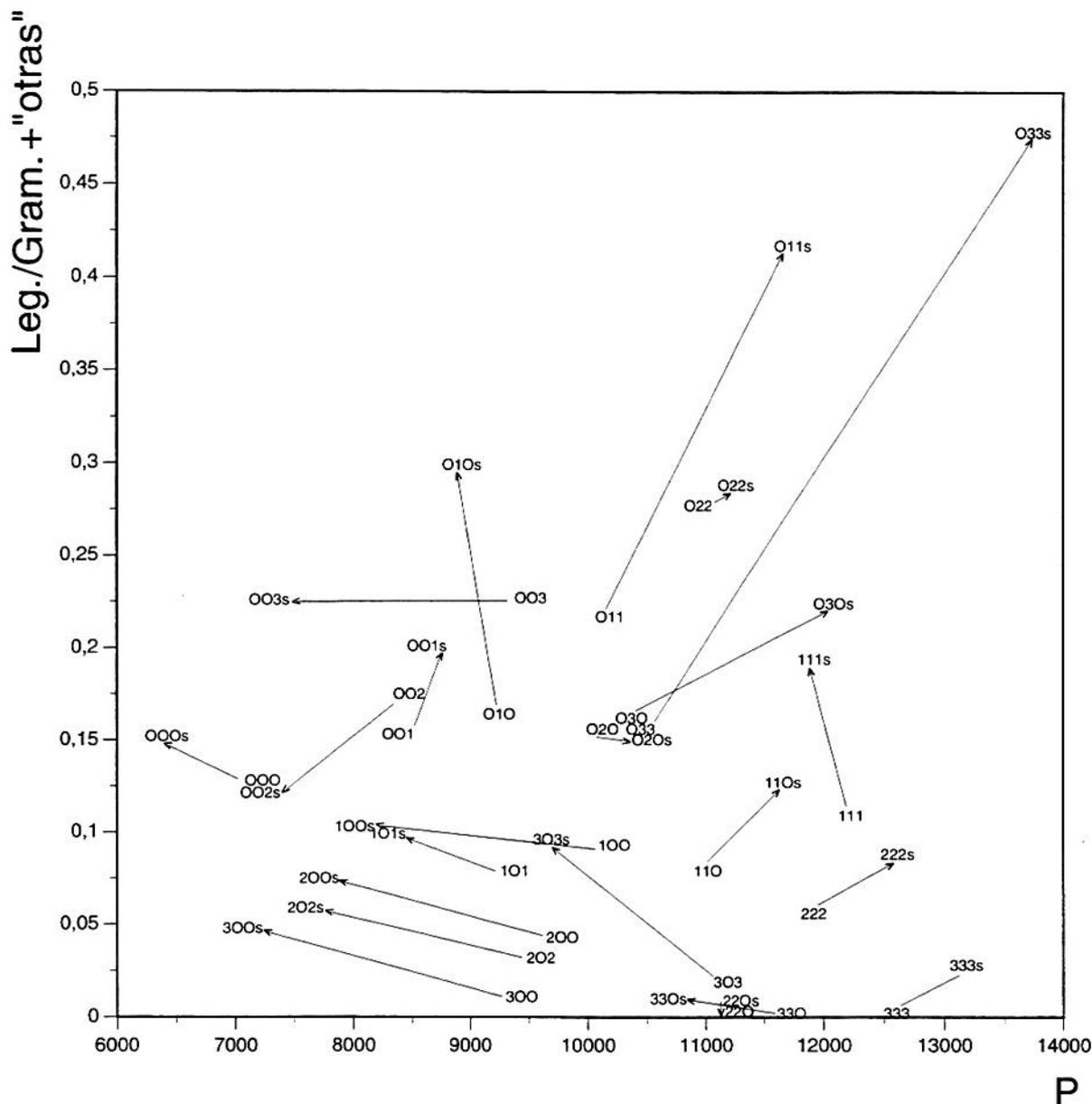


Figura 8.- Relación entre producción de leguminosas/gramíneas + otras y la total



En la Figura 7 se representa la proporción de leguminosas/gramíneas en relación con la producción total. En ella puede verse, gráficamente, que los cambios más notables se ocasionan en las muestras que han recibido el tratamiento fosfo-potásico (P1K1 y P3K3) consiguiendo una relación muy equilibrada en tres cortes. Con dos aprovechamientos P1K1 y P2K2 son los tratamientos que están mejor situados. Por el contrario los cambios más débiles se producen en los que han recibido abonado nitrogenado (N1, N2 N3) cuyas producciones disminuyen en tres cortes y se sitúan en un lugar con una relación muy desequilibrada.

La relación entre producción y los índices propuestos, tanto el HB como el cociente leguminosas/gramíneas, se revela como un procedimiento muy adecuado para evaluar las posibilidades de uso equilibrado del prado -sostenibilidad-, o lo que es lo mismo, la posibilidad

de obtener producciones altas sin comprometer la capacidad productiva y el equilibrio biológico. A nuestro juicio ello está también en relación directa con la composición equilibrada del forraje por mantener la mejor representación entre los tres grupos botánicos considerados.

Se aprecia en la Figura 8 la relación entre la proporción de leguminosas/gramíneas+"otras" y la producción total. En ella destacan, como en los casos anteriores, los tratamientos P1K1 y P3K3 con los que se consigue, en tres cortes, un aumento muy notable en los rendimientos y en el equilibrio botánico, que en el caso de dos aprovechamientos son desplazados por P1K1 y P2K2.

4.3 . Composición específica.

Después de analizar la composición por grupos de familias, se realizó en el año 1.987 (último de dos cortes) una separación botánica por especies en los 22 tratamientos estudiados en el aprovechamiento de Junio; con ello se intenta profundizar en el conocimiento de la influencia que ejerce la fertilización mineral sobre la producción de las diferentes especies que componen la flora del prado, precisamente, en la época de corte (primavera) que como media supone el 70% del total anual. Para el tratamiento estadístico de los datos se separaron las diferentes especies y se calculó tanto el porcentaje (en % de MS) en la muestra como la producción (kg MS ha⁻¹) de cada una de ellas.

4.3 .1. Análisis Factorial de Correspondencias (AFC).

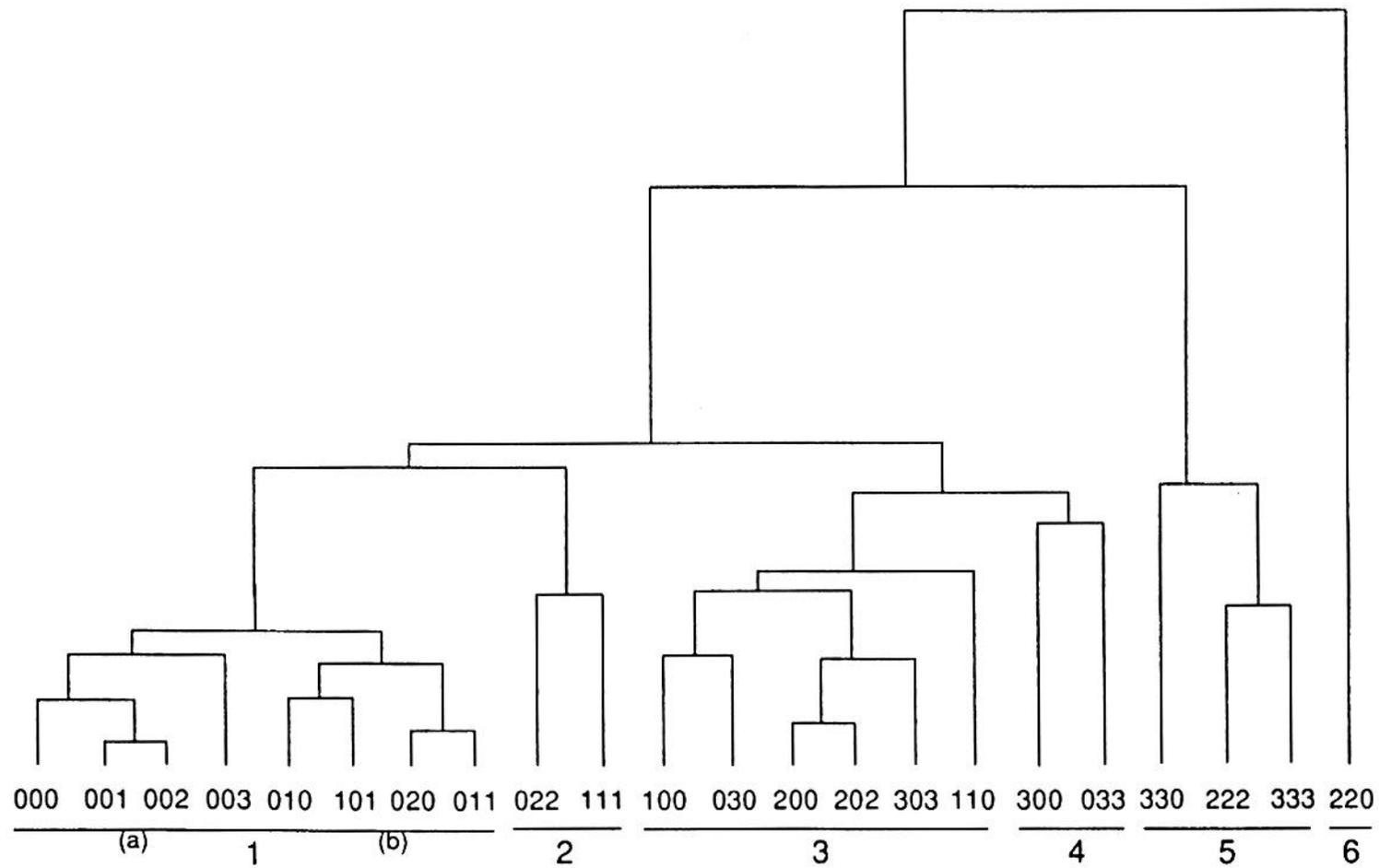
El Análisis Factorial de Correspondencias (BENZECRI, 1970) tiene por objeto apreciar el grado de similitud de los inventarios de producción, según la contribución a la misma de las distintas especies y relacionar la composición específica con el tratamiento al que han sido sometidas las parcelas. El porcentaje de la varianza total extraído por los tres primeros ejes es el siguiente: eje I 23,28; II 15,91; III 12,87. En la Tabla 37 se puede apreciar las especies con mayor participación en la definición de los tres primeros ejes.

El eje I opone por una parte, en el extremo positivo, la variación de *Lolium perenne* (con *Holcus lanatus* y *Ranunculus repens* en menor medida), a *Cynosurus cristatus*, *Plantago lanceolata*, *Plantago media* y *Trifolium pratense*, entre otras especies, que se sitúan con mayor participación en el extremo negativo. Se deduce una marcada dominancia de pocas especies en los tratamientos con producción más alta, lo que se debe a la acción combinada de NP o NPK, que dan lugar a comunidades muy eutofas, forzadas por el abono. La participación de las especies está muy descompensada ya que prácticamente *Lolium perenne*, la más activa en este extremo del eje, es la única responsable, el resto tienen un menor peso en la significación del eje. Frente a éstas aparecen comunidades con dominancia compartida entre distintas especies, lo que es característico de los tratamientos que no han estado sometidas a dosis elevadas de dichos elementos.

El eje II contrapone en el extremo positivo especies de prados más equilibrados y fértiles, sin nitrógeno o con niveles mínimos (*Lolium perenne*, *Trifolium repens*, *Ranunculus acris*, *Poa trivialis*, *Poa pratensis* con participación equiparable) a plantas que en el extremo negativo indican un exceso en éste elemento como *Holcus lanatus* y *Trisetum flavescens*.

Tabla 37.- Especies con mayor contribucion absoluta en la definicion de los ejes del AFC.

| EJE I | | | |
|------------------------------|-------|------------------------------|-------|
| (+) | | (-) | |
| <i>Lolium perenne</i> | 20,91 | <i>Cynosurus cristatus</i> | 21,64 |
| <i>Holcus lanatus</i> | 5,72 | <i>Plantago lanceolata</i> | 11,10 |
| <i>Ranunculus repens</i> | 2,80 | <i>Plantago media</i> | 8,60 |
| <i>Poa trivialis</i> | 2,30 | <i>Trifolium pratense</i> | 8,42 |
| <i>Festulolium loliaceum</i> | 1,91 | <i>Carum carvi</i> | 6,42 |
| <i>Rumex acetosa</i> | 1,21 | <i>Anthoxanthum odoratum</i> | 1,65 |
| <i>Dactylis glomerata</i> | 1,20 | <i>Centaurea nigra</i> | 1,00 |
| EJE II | | | |
| (+) | | (-) | |
| <i>Lolium perenne</i> | 15,97 | <i>Holcus lanatus</i> | 21,77 |
| <i>Trifolium repens</i> | 13,60 | <i>Trisetum flavescens</i> | 14,34 |
| <i>Ranunculus acris</i> | 10,05 | <i>Festulolium loliaceum</i> | 2,59 |
| <i>Poa trivialis</i> | 7,68 | <i>Taraxacum officinale</i> | 1,14 |
| <i>Rumex acetosa</i> | 2,29 | <i>Polygonum bistorta</i> | 0,09 |
| <i>Poa pratensis</i> | 1,05 | | |
| <i>Cynosurus cristatus</i> | 0,86 | | |
| <i>Agrostis capillaris</i> | 0,78 | | |
| EJE III | | | |
| (+) | | (-) | |
| <i>Lolium perenne</i> | 25,94 | <i>Arrhenatherum elatius</i> | 19,77 |
| <i>Trifolium pratense</i> | 7,71 | <i>Poa trivialis</i> | 12,56 |
| <i>Festulolium loliaceum</i> | 3,21 | <i>Trifolium repens</i> | 5,25 |
| <i>Festuca pratensis</i> | 3,13 | <i>Trisetum flavescens</i> | 3,16 |
| <i>Ranunculus repens</i> | 2,85 | <i>Ranunculus acris</i> | 2,52 |
| <i>Plantago lanceolata</i> | 1,88 | <i>Agrostis capillaris</i> | 2,33 |
| <i>Rumex crispus</i> | 1,38 | <i>Dactylis glomerata</i> | 1,14 |
| <i>Cynosurus cristatus</i> | 1,18 | <i>Anthoxanthum odoratum</i> | 1,02 |

Figura 9.- Dendrograma de clasificación de los inventarios en el corye de junio.

El eje III recoge, en su extremo positivo, una situación parecida a la del eje II aunque de nuevo muy favorecida por la participación de *Lolium perenne* y en el negativo especies más típicas de un prado de siega sin excesivo abonado (*Arrhenatherum elatius*, *Poa trivialis*, *Trisetum flavescens*, *Trifolium repens*), que contribuyen a conservar una riqueza y diversidad elevadas.

El AFC se acompaña de un dendrograma obtenido mediante clasificación aglomerativa de los inventarios, agrupados según el algoritmo de la media aritmética de las distancias ("average linkage" o UPGMA) y como índice de similitud el de distancia taxonómica (JONGMAN *et al.*, 1987).

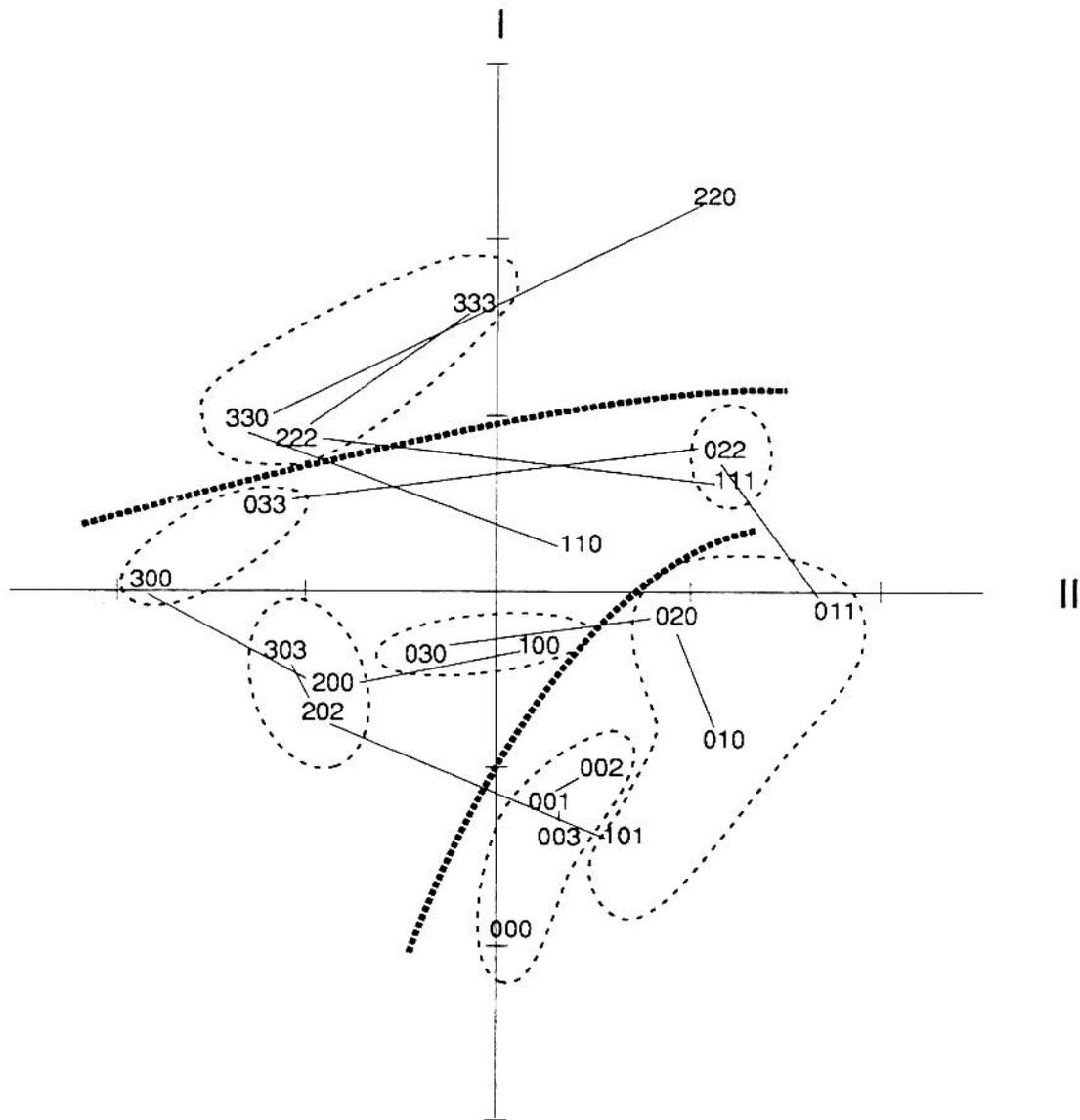
En dicho dendrograma de clasificación (Figura 9) se diferencia un grupo reducido de muestras que corresponden a niveles medios y altos de NP y NPK (N3P3; N2P2K2 y N3P3K3); junto a ellas se sitúa N2P2 que se comporta como independiente. A este grupo se opone otro en el que aparecen el resto de los tratamientos (18 en total). En este segundo racimo se diferencian, a su vez, dos subconjuntos: el primero caracterizado por la ausencia de nitrógeno o niveles mínimos en un caso y la presencia de niveles bajos y medios de P y PK; el segundo, más heterogéneo, en el que los tres elementos aparecen en distintas combinaciones aunque siempre con dosis bajas o por lo menos no elevadas de forma simultánea.

4.3 .2. Ordenación de los inventarios en el plano factorial.

En la Figura 10 se observa la distribución en el plano factorial de los grupos obtenidos en el dendrograma. En ella se aprecia una marcada ordenación de los inventarios a lo largo del eje I, según el incremento gradual de los niveles de NP, que parecen ser el factor que mayor influencia tiene sobre la composición florística de las muestras. Las dosis más altas se sitúan hacia el extremo positivo y las más bajas o con ausencia de estos elementos hacia el negativo. Destaca la similitud de composición florística de los tratamientos sin abonado (testigo) o con diferentes niveles de potasio. Según esto, el potasio parece demostrar un efecto muy escaso sobre la composición de las comunidades estudiadas cuando se aplica como único fertilizante.

Si el eje I opone el incremento progresivo de NP a su ausencia, el eje II refleja la influencia del N como elemento aislado. Hacia su extremo negativo se sitúan las muestras con valores altos para este elemento y hacia el positivo aquellas en las que el nitrógeno está ausente y dónde se localizan los tratamientos con niveles bajos y medios de P y PK.

El efecto de las combinaciones de niveles bajos de nitrógeno y fósforo con el potasio se produce de manera menos definida; así, teniendo en cuenta su situación en el plano, se aprecia un notable parecido en las parcelas N2, N2K2, N3K3 y P3, como si el potasio careciese de importancia cuando hay un cierto nivel de nitrógeno. La coincidencia en su localización entre N3 y P3K3 sugiere que el efecto combinado de niveles altos fosfo-potásicos fuese equivalente al nitrógeno.

Figura 10.- Distribución de los inventarios en el plano factorial.

Con independencia de la cantidad de cada elemento aportada, la influencia del tipo de tratamiento sobre la composición florística se puede apreciar por la posición de las muestras con distintos niveles de un determinado tratamiento, en un mismo sector del plano factorial. En la Figura 10 las líneas rectas unen en el plano factorial las parcelas con un tratamiento similar, aunque con distinta dosis de fertilizante. Así, se aprecia como los tratamientos K1, K2 y K3 aparecen próximos, del mismo modo que N1P1K1, N2P2K2 y N3P3K3 se sitúan en el extremo opuesto, o los niveles N3, N2 y N1 en la zona intermedia. En algunos casos la ordenación es progresiva: N1K1, N2K2, N3K3; pero con frecuencia los niveles medios y altos de P y PK resultan intercambiables en el orden (P1, P3, P2; P1K1, P3K3, P2K2) ya que sus efectos sobre la composición específica no se diferencian.

Del análisis de estas disposiciones puede deducirse que los efectos sobre la composición específica dependen más de la presencia del elemento más limitativo (en este caso el fósforo o fósforo-potasio combinados en una proporción conveniente con el nitrógeno), que de la cantidad absoluta aportada por ambos elementos. Parece claro que con la dosis mínima (N1P1K1 o incluso N1P1), puede lograrse una composición específica muy parecida a la que se lograría incrementando los niveles de abonado.

4.3 .3. Clasificación de Twinspan.

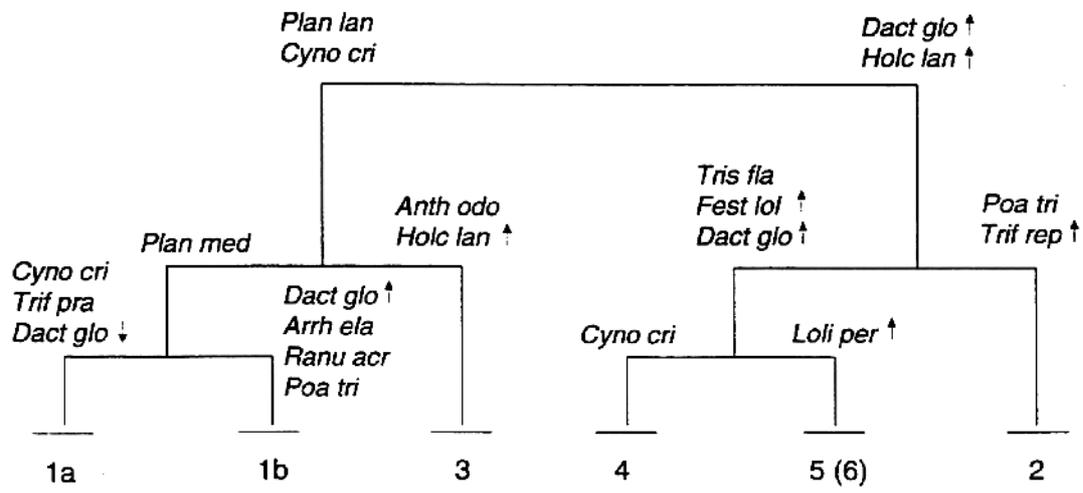
La clasificación de los distintos tratamientos según su composición florística utilizando el análisis Twinspan (HILL, 1979) se presenta en la Tabla 38. Esta manifiesta una coincidencia muy notable con la que se obtiene en el dendrograma de la Figura 9. En el caso de la tabla Twinspan la disposición de los datos permite apreciar, claramente, la influencia sobre el resultado de la clasificación de la biomasa aportada por las distintas especies y caracterizar en función de ella los distintos grupos. Las especies que resultan, por su presencia o su abundancia -biomasa-, más diferenciales se señalan sintéticamente en el dendrograma adjunto a la Tabla 38.

En dicho dendrograma se aprecia que los niveles más altos de N y P solos o asociados (NP, NPK) (grupos 4 y 5) se caracterizan por una mayor biomasa de *Holcus lanatus*, *Dactylis glomerata* y ausencia de *Trifolium repens*. La ausencia de niveles altos de *Lolium perenne* y la presencia de *Cynosurus cristatus*, diferencia el grupo 4 (N3) del 5 (N3P3; N2P2K2; N3P3K3) y el 6 (N2P2) que por contener un solo inventario ha sido incluido en el grupo 5. El grupo que reúne los inventarios con niveles más bajos de N y P (grupo 1) y aquellos en los que no se presentan de forma simultánea dosis elevadas de ambos elementos (grupo 3), se diferencian por la presencia de *Cynosurus cristatus* y *Plantago lanceolata*. Dentro de este conjunto, el grupo 3 se define por la presencia de *Anthoxanthum odoratum*, alta abundancia de *Holcus lanatus* y la ausencia o menor proporción de *Plantago media*, rasgo que tiene en común con los grupos 4 y 5. El grupo 1 se caracteriza por la presencia de *Plantago media*. La diferencia entre 1a y 1b se debe a la presencia en el b de *Arrhenatherum elatius*, *Poa trivialis* y mayor proporción de *Ranunculus acris* y *Dactylis glomerata*. El grupo 2 presenta, como rasgo más diferencial, la relativa abundancia de *Trifolium repens* y *Poa trivialis*.

Tabla 38.- Clasificación de las muestras según el análisis de twinspace y dendrograma de las especies más representativas.

| | N | 0000 | 0010 | 0223 | 1013 | 02323 | 01 | |
|----------|------|------|--------|--------|-------|-------|------|--|
| P | 0000 | 1201 | 0000 | 0310 | 32323 | 21 | | |
| K | 1230 | 0011 | 0230 | 0003 | 0023 | 21 | | |
| Trif pra | 21-3 | ---- | ---- | 1--1 | ---- | ---- | 000 | |
| Caru car | 1-- | --- | 3---- | ---- | ---- | ---- | 000 | |
| Anth odo | --2 | ---- | 1221 | -1-- | ---- | -1 | 001 | |
| Cyno cri | 3563 | 4333 | 4441 | 3131 | ---- | -1- | 001 | |
| Plan lan | 1132 | 2-11 | 231-- | -21- | ---- | ---- | 001 | |
| Plan med | -111 | 1-1- | 11---- | ---- | ---- | ---- | 001 | |
| Fest pra | 12-- | ---- | -11-- | -1--- | 11- | ---- | 010 | |
| Ranu acr | 121- | 5233 | 22-3- | 5-13 | 22- | 16 | 010 | |
| Arrh ela | ---- | -323 | 3143 | 1-12 | --22 | 25 | 011 | |
| Tara off | ---- | ---- | -11- | -1-- | -1- | ---- | 011 | |
| Dact glo | 2114 | 2234 | 3323 | 2573 | 1488 | 44 | 10 | |
| Holc lan | 4443 | 3341 | 8884 | 8888 | 8888 | 85 | 10 | |
| Trif rep | 112- | 12-2 | ---- | 121- | 1--- | 53 | 10 | |
| Loli per | 133- | 12-3 | 1--1 | 11- | -823 | 863 | 1100 | |
| Poa pra | ---- | -1- | ---- | ---- | 1---- | ---- | 1100 | |
| Poa tri | ---- | 21-2 | ---- | -1-2 | -2-1 | 43 | 1100 | |
| Rume ace | ---- | ---- | -11- | ---- | -11- | 1-1 | 1100 | |
| Fest lol | 11- | -111 | -122 | 11-6 | 1451 | 322 | 1101 | |
| Tris fla | --1- | -1-2 | ---- | -14- | 22- | ---- | 1101 | |
| Rume cri | --1- | ---- | ---- | ---- | ---- | 1- | 111 | |
| | 0000 | 0000 | 000000 | 111111 | 1111 | 11 | | |
| | 0000 | 0000 | 111111 | 000000 | 11 | | | |
| | 0001 | 1111 | 000001 | 001111 | | | | |
| | 0111 | 1000 | 11 | | | | | |

| | |
|---|-------------|
| 1 | 0 - 200 |
| 2 | 200 - 400 |
| 3 | 400 - 600 |
| 4 | 600 - 800 |
| 5 | 800 - 1000 |
| 6 | 1000 - 1200 |
| 7 | 1200 - 1400 |
| 8 | 1400 - 1600 |
| 9 | > 1600 |



4.3 .4. Respuesta de las especies del prado a los distintos tratamientos de abonado.

A partir de los datos de producción de 1987 es posible evaluar el tipo de respuesta que manifiestan, individualmente, las distintas especies que forman la comunidad de prado respecto a las diferentes combinaciones y dosis de fertilizantes que intervienen en la experiencia, por medio de las frecuencias corregidas. El procedimiento escogido se basa en comparar la frecuencia general de la especie (o de la clase de abundancia) en el conjunto del muestreo, con la frecuencia con la que ésta unidad de análisis responde a un determinado tratamiento. El resultado del cociente, que se denomina "Frecuencia Corregida" (FC), cuando tiene valores superiores a la unidad indica preferencia y con valores menores el rechazo o tendencia a aparecer en menor proporción de lo esperado, en las muestras sometidas al tratamiento en cuestión.

Tabla 39.- Clases de producción (kg ms ha⁻¹) de las especies en el corte de junio.

| | | | | |
|------------------------------|-----------|--|-----------------------------|---------|
| <i>Agrostis capillaris</i> | | | <i>Poa trivialis</i> | |
| Agros | presencia | | Ptri1 | <100 |
| <i>Anthoxanthum odoratum</i> | | | Ptri2 | >100 |
| Anto1 | <100 | | <i>Trifolium pratense</i> | |
| Anto2 | >100 | | Tpra1 | <100 |
| <i>Arrhenatherum elatius</i> | | | Tpra2 | >100 |
| Arre1 | <500 | | <i>Trifolium repens</i> | |
| Arre2 | >500 | | Trep1 | <100 |
| <i>Cynosurus cristatus</i> | | | Trep2 | 100-500 |
| Cyno1 | <500 | | Trep3 | >500 |
| Cyno2 | >500 | | <i>Bellis perennis</i> | |
| <i>Dactylis glomerata</i> | | | Bell1 | <20 |
| Dact1 | <500 | | Bell2 | >20 |
| Dact2 | 500-1000 | | <i>Taraxacum officinale</i> | |
| Dact3 | >1000 | | Tara1 | <100 |
| <i>Festuca pratensis</i> | | | Tara2 | >100 |
| Fpra1 | <100 | | <i>Plantago lanceolata</i> | |
| Fpra2 | >100 | | Plan1 | <100 |
| <i>Festulolium loliaceum</i> | | | Plan2 | >100 |
| Flol1 | <500 | | <i>Plantago media</i> | |
| Flol2 | >500 | | Pmed1 | <100 |
| <i>Holcus lanatus</i> | | | Pmed2 | >100 |
| Holc1 | <1000 | | <i>Rumex acetosa</i> | |
| holc2 | >1000 | | Ruac1 | <100 |
| <i>Lolium perenne</i> | | | Ruac2 | >100 |
| Loli1 | <100 | | <i>Rumex crispus</i> | |
| Loli2 | 100-500 | | Rucr1 | <100 |
| Loli3 | 500-1000 | | Rucr2 | >100 |
| Loli4 | >1000 | | <i>Ranunculus acris</i> | |
| <i>Poa pratensis</i> | | | Racr1 | <500 |
| Ppra1 | <100 | | Racr2 | >500 |
| Ppra2 | >100 | | <i>Carum carvi</i> | |
| <i>Trisetum flavescens</i> | | | Caru1 | <100 |
| Tris1 | <100 | | Caru2 | >100 |
| Tris2 | >100 | | | |

Debido a que una buena parte de las especies (las más importantes en la composición del prado) aparecen en la práctica totalidad de las muestras y con vistas a alcanzar una mayor capacidad de diferenciación en los resultados, hemos considerado para el cálculo de la frecuencia corregida, las especies divididas en clases de abundancia, tal como aparecen en la Tabla 39. Estas clases se consideran así por separado como unidad de estudio. Con este planteamiento las frecuencias corregidas obtenidas valoran la relación de la clase de abundancia con el tipo de tratamiento y no sólo la mera presencia de la especie.

El problema que suele presentar el cálculo de la FC, para experiencias como la que discutimos que contienen un elevado número de clases y de tratamientos que se comparan, es que difícilmente presentan valores con significación estadística (GAUTHIER *et al.*, 1977). La solución a la hora de interpretar los resultados se basa en considerar sólo los valores más elevados y sobresalientes, a partir de un cierto nivel de las frecuencias corregidas.

Los resultados de las FC para las distintas combinaciones de tratamientos pueden verse en la Tabla 40. Se resaltan en el texto los conjuntos de valores que nos parecen más relevantes por ser notablemente superiores a la unidad. Como en otros análisis a lo largo del trabajo se utilizan los tratamientos N, P, K NP, NK, PK y NPK considerados independientemente de la dosis.

En el aprovechamiento estudiado destacan las siguientes clases de abundancia por su respuesta al nitrógeno: *Anthoxanthum odoratum* 2, *Arrhenatherum elatius* 2, *Dactylis glomerata* 3, *Lolium perenne* 1, *Trifolium repens* 1, *Plantago media* 2, *Rumex acetosa* 1 y *Carum carvi* 1. En su mayor parte se trata de clases de abundancia altas de las especies afectadas.

Por su respuesta al fósforo: *Festuca pratensis* 1, *Lolium perenne* 2, *Holcus lanatus* 1, *Trifolium repens* 3, *Plantago media* 1 y *Carum carvi* 1. Destaca la marcada respuesta del trébol blanco. El resto lo hace con clases de abundancia bajas.

Tabla 40.- Valores de la frecuencia corregida de las distintas especies.

| | N | P | K | NP | NK | PK | NPK |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>Agros</i> | 1,13 | 1,69 | 0,00 | 1,13 | 0,00 | 1,69 | 1,69 |
| <i>Anto1</i> | 0,49 | 0,98 | 1,47 | 0,73 | 0,98 | 1,22 | 0,49 |
| <i>Anto2</i> | 2,10 | 0,00 | 1,05 | 1,05 | 2,10 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Arre1</i> | 0,61 | 1,22 | 1,83 | 1,22 | 0,61 | 1,22 | 0,92 |
| <i>Arre2</i> | 1,83 | 0,92 | 0,00 | 0,00 | 1,83 | 0,92 | 1,38 |
| <i>Cyno1</i> | 1,22 | 0,00 | 0,00 | 1,22 | 0,00 | 2,44 | 1,83 |
| <i>Cyno2</i> | 1,13 | 1,69 | 1,69 | 0,00 | 1,69 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Dact1</i> | 0,00 | 1,22 | 3,67 | 1,22 | 1,22 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Dact2</i> | 1,22 | 1,22 | 0,00 | 0,61 | 1,22 | 1,83 | 0,00 |
| <i>Dact3</i> | 1,83 | 0,00 | 0,00 | 1,83 | 0,00 | 0,00 | 5,50 |
| <i>Fpra1</i> | 1,05 | 2,10 | 0,00 | 0,00 | 1,05 | 1,05 | 1,57 |
| <i>Fpra2</i> | 0,98 | 0,49 | 1,47 | 1,47 | 0,98 | 0,98 | 0,73 |
| <i>Flol1</i> | 0,86 | 1,29 | 1,29 | 0,43 | 0,86 | 1,29 | 0,65 |
| <i>Flol2</i> | 1,47 | 0,00 | 0,00 | 2,93 | 1,47 | 0,00 | 2,20 |
| <i>Holc1</i> | 0,81 | 1,63 | 2,44 | 0,00 | 0,81 | 0,81 | 0,00 |
| <i>Holc2</i> | 1,13 | 0,56 | 0,00 | 1,69 | 1,13 | 1,13 | 1,69 |
| <i>Loli1</i> | 1,83 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,50 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Loli2</i> | 1,47 | 2,20 | 0,73 | 1,47 | 0,00 | 0,73 | 0,00 |
| <i>Loli3</i> | 0,00 | 0,00 | 2,93 | 0,00 | 0,00 | 1,47 | 2,20 |
| <i>Loli4</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,44 | 0,00 | 2,44 | 3,67 |
| <i>Ppra1</i> | 0,00 | 1,47 | 0,73 | 0,73 | 0,00 | 1,47 | 2,20 |
| <i>Ppra2</i> | 0,00 | 1,47 | 0,00 | 2,93 | 1,47 | 1,47 | 0,00 |
| <i>Ptri1</i> | 0,81 | 0,81 | 2,44 | 0,81 | 2,44 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Ptri2</i> | 0,00 | 1,33 | 0,00 | 1,33 | 0,00 | 2,00 | 2,00 |
| <i>Tris1</i> | 0,92 | 0,00 | 2,75 | 0,00 | 0,92 | 1,83 | 1,38 |
| <i>Tris2</i> | 0,81 | 1,63 | 0,00 | 0,81 | 1,63 | 0,81 | 1,22 |
| <i>Tpra1</i> | 0,81 | 0,81 | 0,00 | 0,81 | 2,44 | 0,81 | 1,22 |
| <i>Tpra2</i> | 1,63 | 0,81 | 2,44 | 0,00 | 0,00 | 1,63 | 0,00 |
| <i>Trep1</i> | 2,93 | 0,00 | 0,00 | 1,47 | 2,93 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Trep2</i> | 0,67 | 1,33 | 2,00 | 0,67 | 0,67 | 0,67 | 1,00 |
| <i>Trep3</i> | 0,00 | 1,83 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,67 | 0,00 |
| <i>Bell1</i> | 0,67 | 0,67 | 1,33 | 1,33 | 0,67 | 1,33 | 1,00 |
| <i>Bell2</i> | 1,63 | 1,63 | 0,81 | 0,00 | 1,63 | 0,81 | 0,00 |
| <i>Tara1</i> | 0,00 | 0,81 | 2,44 | 0,81 | 0,00 | 1,63 | 1,22 |
| <i>Tara2</i> | 1,69 | 1,13 | 0,00 | 1,13 | 1,69 | 0,56 | 0,85 |
| <i>Plan1</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,47 | 1,47 | 4,40 |
| <i>Plan2</i> | 1,47 | 1,47 | 1,47 | 0,98 | 0,98 | 0,98 | 0,00 |
| <i>Pmed1</i> | 0,00 | 1,83 | 0,00 | 1,83 | 0,00 | 1,83 | 1,38 |
| <i>Pmed2</i> | 1,83 | 0,61 | 1,83 | 0,00 | 1,83 | 0,61 | 0,00 |
| <i>Ruac1</i> | 1,83 | 1,22 | 1,83 | 0,00 | 0,61 | 0,61 | 0,92 |
| <i>Ruac2</i> | 0,00 | 0,73 | 0,00 | 2,20 | 1,47 | 1,47 | 1,10 |
| <i>Rucr1</i> | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 2,10 | 0,00 | 0,00 | 1,57 |
| <i>Rucr2</i> | 0,00 | 1,22 | 2,44 | 0,00 | 2,44 | 1,22 | 0,00 |
| <i>Racr1</i> | 0,61 | 1,22 | 1,83 | 0,61 | 0,61 | 1,22 | 0,92 |
| <i>Racr2</i> | 1,63 | 0,81 | 0,00 | 1,63 | 1,63 | 0,81 | 1,22 |
| <i>Caru1</i> | 1,83 | 1,83 | 1,83 | 0,00 | 1,83 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Caru2</i> | 1,47 | 0,00 | 1,47 | 0,00 | 1,47 | 0,00 | 2,20 |

Por su respuesta al potasio: *Arrhenatherum elatius* 1, *Dactylis glomerata* 1, *Holcus lanatus* 1, *Lolium perenne* 3, *Poa trivialis* 1, *Trisetum flavescens* 1, *Trifolium pratense* 2, *Trifolium repens* 2, *Taraxacum officinale* 1, *Plantago media* 2, *Rumex acetosa* 1, *Rumex crispus* 2, *Ranunculus acris* 1, *Carum carvi* 1. Hay que señalar la marcada respuesta a este elemento del ballico y de ambos tréboles.

La combinación nitro-fosfórica hace destacar las siguientes clases: *Dactylis glomerata* 3, *Festulolium loliaceum* 2, *Lolium perenne* 4, *Poa pratensis* 2, *Holcus lanatus* 2, *Rumex acetosa* 2 y *Ranunculus acris* 1. Destaca las clases elevadas de las cinco gramíneas indicadas.

En la fertilización nitro-potásica hay que señalar: *Anthoxanthum odoratum* 2, *Arrhenatherum elatius* 2, *Lolium perenne* 1, *Poa trivialis* 1, *Trifolium pratense* 1, *Trifolium repens* 1, *Plantago media* 2 y *Carum carvi* 1. El *Anthoxanthum odoratum* y el *Arrhenatherum elatius* tienen producciones elevadas en este tratamiento.

En el tratamiento fosfo-potásico sobresalen por su importancia: *Cynosurus cristatus* 1, *Dactylis glomerata* 2, *Lolium perenne* 4, *Poa trivialis* 2, *Trisetum flavescens* 1, *Trifolium repens* 3 y *Plantago media* 1. Por su elevada producción destaca el ballico, la poa y el trébol blanco.

En la combinación ternaria nitro-fosfo-potásica: *Cynosurus cristatus* 1, *Dactylis glomerata* 3, *Festulolium loliaceum* 2, *Lolium perenne* 3 y 4, *Poa pratensis* 1, *Poa trivialis* 2, *Holcus lanatus* 2, *Plantago lanceolata* 1, *Carum carvi* 2. Como más sobresalientes hay que señalar al *Dactylis glomerata*, *Festulolium loliaceum*, *Lolium perenne* y *Poa trivialis* y *Holcus lanatus*.

4.3 .4.1. Comportamiento de las especies más representativas.

Al considerar el comportamiento general de las especies más representativas de las comunidades de prado y en función de lo señalado anteriormente, puede apreciarse lo siguiente:

Dactylis glomerata responde con una biomasa alta al abonado N, NP y NPK; media a PK y baja al K. Por el contrario no se aprecia respuesta destacada respecto al P.

Lolium perenne está presente en menor o mayor medida en todos los tratamientos: tiene producciones altas con NP, PK y NPK; bajas con N y NK y medias con P y K.

Festulolium loliaceum aparece en cantidades altas con NP y NPK como en el caso de *Lolium perenne*. Por el contrario *Cynosurus cristatus* tiene biomasa baja con PK y NPK.

Holcus lanatus tiene producciones elevadas con NP, NPK y bajas con P, K.

Anthoxanthum odoratum y *Arrhenatherum elatius*, responden con rendimientos elevados a N y NK; en el caso de la última especie, además, con bajas a K.

Poa pratensis presenta tasas bajas con NPK y altas con NP; *Poa trivialis* bajas con K, NK y altas con PK, NPK.

Trisetum flavescens parece estar ligado en cantidades bajas a K y PK. Otras gramíneas aparecen aisladas como es el caso de *Festuca pratensis* que aparece con P.

Respecto a las leguminosas, *Trifolium repens* presenta biomasa baja con N y NK; media con K y alta con P y PK. *Trifolium pratense* tiene frecuencia baja con NK y alta con K.

Dentro de las "otras" plantas, *Plantago media* se manifiesta en cantidades altas con N, K, y NK y en bajas con P y PK; *Plantago lanceolata* producción baja con NPK. *Carum carvi* tiene una frecuencia alta con NPK y baja con N, P, K y NK. *Taraxacum officinale* y *Ranunculus acris* baja con K; *Rumex acetosa* baja con N y K y alta con NP. *Rumex crispus* alta con K y NK y baja con NP.

CARPINTERO y SUAREZ (1976a) encuentran, asimismo, un aumento considerable de las gramíneas de buena calidad (*Lolium perenne* y *Dactylis glomerata*) con el abonado NPK (60-160-80 kg ha⁻¹). Sin embargo, el mayor aumento de gramíneas correspondió a *Holcus lanatus*, *Poa pratensis*, *Poa trivialis* y *Agrostis capillaris*, principalmente. Por el contrario *Anthoxanthum odoratum* tiende a disminuir con el abonado al igual que *Cynosurus cristatus*. Señalan que *Trifolium repens* resultó menos afectado por el abonado que *Trifolium pratense*, característica que se confirma en este ensayo, ya que éste último casi desaparece con la fertilización intensa.

Por otro lado CALLEJA *et al.* (1981) separan dentro de las gramíneas nitrófilas dos grupos; en el primero incluyen a *Dactylis glomerata* y *Holcus lanatus* como representantes más características y, en el segundo, a *Trisetum flavescens* y *Poa trivialis* con más apetencia por el PK, hecho que también se observa en éste estudio. También BONISCHOT (1984) destaca la gran progresión de *Dactylis glomerata* y *Arrhenatherum elatius* con el abonado NPK.

RAMON (1986) señala que el abonado NPK (180-120-180 kg ha⁻¹) favorece el desarrollo de *Dactylis glomerata* en detrimento de *Festuca spp.* y *Agrostis spp.*, que como hemos visto en nuestro caso se relacionan más con el fósforo. KRYNSKI (1989) indica un avance muy importante de *Dactylis glomerata* y una disminución de *Poa pratensis* al aumentar las dosis de potasio (0-300 kg ha⁻¹), mientras que con dosis crecientes de fósforo (0-150 kg ha⁻¹) el incremento de *Dactylis glomerata* y *Festuca pratensis* es poco importante. En ambos casos *Taraxacum officinale* disminuye.

En general todos los autores están de acuerdo (KUHBAUCH *et al.*, 1991; JO y SCHECHTNER, 1990; JACOB y YOOK, 1989; NICZYPORUK y MORACZEWSKI, 1987; HOPKINS *et al.*, 1984; KRZYWY *et al.*, 1988; LIHAN *et al.*, 1988; ZELENÁ, 1988) y en éste ensayo así se confirma que la fertilización NPK (sobre todo con elevadas dosis de nitrógeno) con una utilización extensiva del prado (dos cortes) que conlleva pausas largas entre cortes y un aprovechamiento preferentemente con siega, se favorecen a las gramíneas altas, "amacolladas"

(*Dactylis glomerata*, *Holcus lanatus*, *Arrhenatherum elatius*) con perjuicio de las bajas o "cespitosas" (*Lolium perenne*, *Poa trivialis*, *Poa pratensis*, *Cynosurus cristatus*, *Agrostis capillaris*) y de los tréboles; las "otras" se reducen notablemente. Este hecho ya fue puesto de manifiesto hace bastantes años por KLITSCH (1964) y VOISIN (1967, 1971). Por el contrario los abonados fosfóricos y fosfo-potásicos favorecen a las gramíneas bajas y al trébol, sobre todo al *Trifolium repens*.

Las gramíneas altas dan una gran masa de forraje, con gran proporción de tallos pero tienen escasa cantidad de hojas por lo que su valor nutritivo es bajo. Forman "macollas" muy densas, que frecuentemente dan lugar a "calvas" en el terreno sobre todo con exceso de nitrógeno. Por el contrario, las gramíneas bajas tienen pocas cañas y mucho renuevo joven y hojas que dan lugar a céspedes densos de alto valor nutritivo y muy estables en los que se desarrolla el *Trifolium repens* (KLITSCH, 1965).

Sin embargo BENEDYCKI *et al.* (1989, 1991) señalan que con altas dosis de fertilizantes desaparecen algunas gramíneas de tallo alto (*Festuca pratensis*, *Alopecurus pratensis*, *Dactylis glomerata*) que son ocupadas por *Poa pratensis* y *Agropyrum repens*.

4.3 .5. Diversidad y riqueza.

Una vez estudiada la variación en la composición florística motivada por el abonado y la respuesta diferencial de las especies a las distintas dosis y combinaciones, el presente apartado tiene por objeto estudiar la relación que existe entre la producción, la diversidad y la riqueza de especies, tomando el año 1987 como referencia.

La Figura 11 sitúa, en el dendrograma de clasificación, los valores de diversidad obtenidos por el índice de Shannon-Wiener (SHANNON y WEAVER, 1949) y riqueza (número medio de especies) en el aprovechamiento estudiado (Junio, 1987). En ella se aprecia un claro descenso de la diversidad -de 3,84 a 2,78- de acuerdo con el incremento progresivo de los niveles de NP y NPK; la Figura 12 refleja más claramente ésta situación. Por otra parte la riqueza disminuye desde una media de 23,75 especies hasta 15; la comunidad que presenta mayor valor es la menos productiva. Si bien la reducción de la diversidad es lineal y progresiva con el abonado, no ocurre así con la producción, ya que el grupo 2 (P2K2 y N1P1K1) mantiene valores de diversidad considerables (3,66) y presenta también una biomasa elevada.

La relación existente entre la producción y la diversidad en el corte de Junio se aprecia en la Figura 13. En ella se observa que la adición de una dosis media de PK (180-120 kg) o un nivel bajo de NPK (60-80-60 kg) provoca un desarrollo muy notable del rendimiento que va acompañado de un descenso poco importante de la diversidad y riqueza de especies. Al aumentar la intensidad de abonado, la producción, según los datos obtenidos, disminuye para después progresar de forma muy moderada en los grupos 4, 5 y 6. Sin embargo esto se realiza con una considerable pérdida de diversidad (uniformización de la composición específica por eutrofia) con consecuencias para la estabilidad y equilibrio de la comunidad, sin valorar aquí otras consideraciones de índole naturalística, su interés para la conservación de flora y fauna, etc.

Figura 11.- Valores medios de diversidad y número de especies en el dendrograma de clasificación

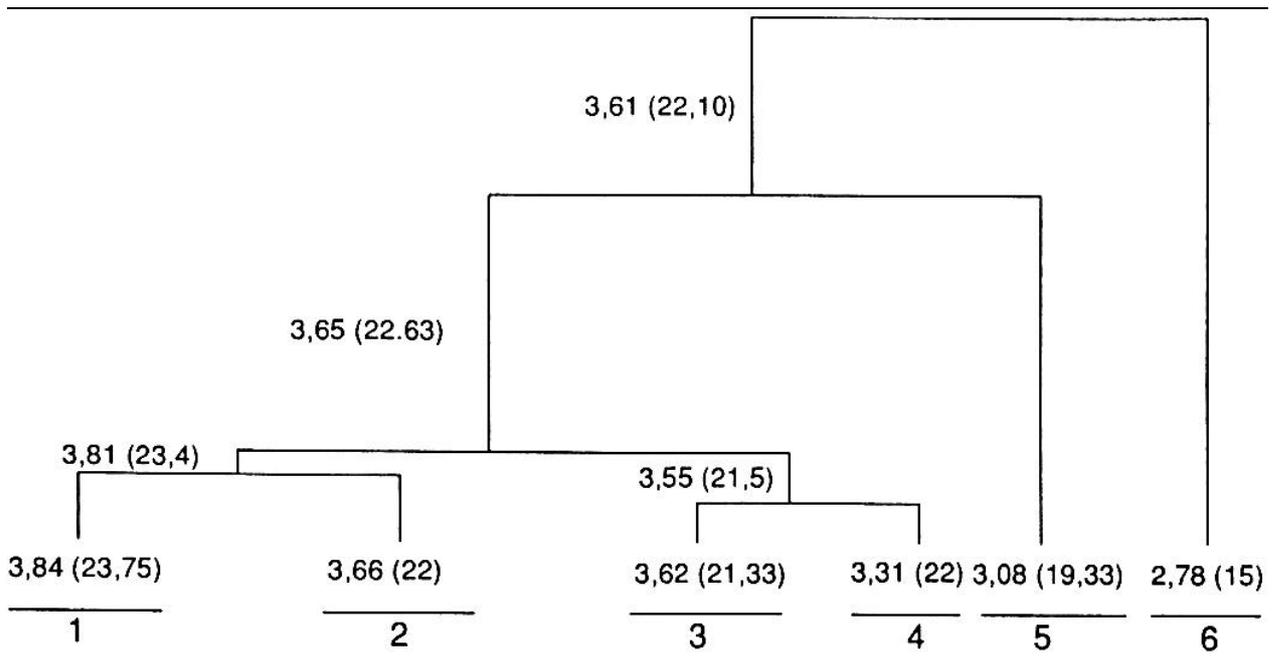


Figura 12.- Variación de los valores medios de diversidad en relación con los grupos de clasificación

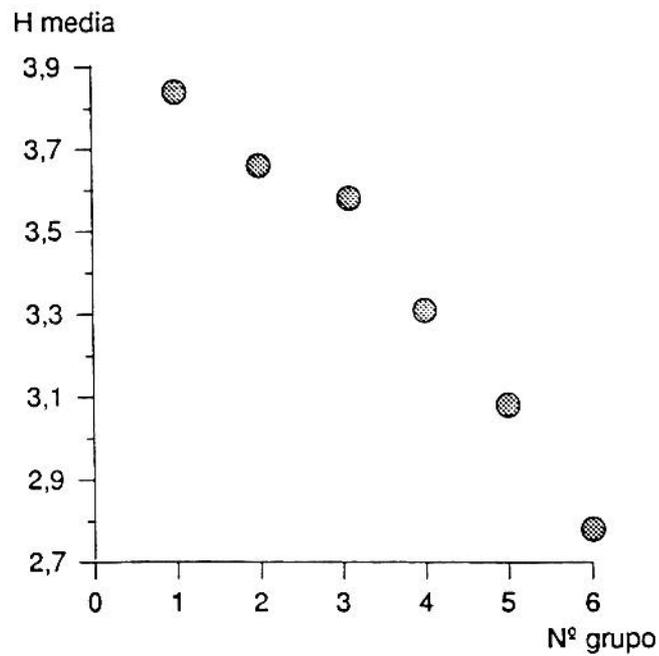
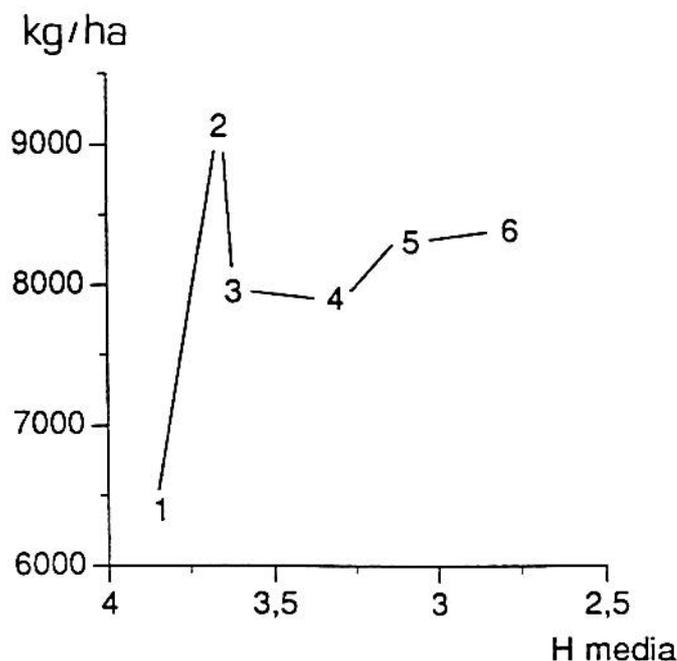


Figura 13.- Variación de los valores medios de diversidad en relación con la producción

4.4 . Recapitulación.

Con el nitrógeno se aprecia, en general, una relación inversa y marcada entre gramíneas y leguminosas ya que favorece extraordinariamente a las primeras en detrimento de las segundas, pues con niveles altos de este fertilizante llegan a desaparecer. Por el contrario el fósforo facilita el desarrollo de las leguminosas, aunque también tiene una acción importante sobre las gramíneas. El potasio sigue una línea similar al fósforo pero es menos efectivo.

Por el contrario el contenido en "otras" es más constante y se resiste a las fuertes variaciones, sobre todo en los aprovechamientos de verano-otoño, debido a que es un grupo heterogéneo, con participación de familias muy distintas, que tienen comportamientos diferentes que pueden compensar sus efectos.

Tanto en el caso de dos como en el de tres aprovechamientos la mayor producción total de gramíneas se produce con la fertilización nitro-fosfórica y nitro-fosfo-potásica sobre todo en sus dosis altas (180-240 y 180-240-180 kg, respectivamente), que se corresponden con las mínimas de leguminosas.

En las leguminosas los rendimientos más altos se alcanzaron, en ambas frecuencias de corte, con el abonado fosfo-potásico: en el caso de dos cortes en su nivel bajo (80-60 kg) y medio (160-120 kg) y con tres en las dosis baja y alta (240-180 kg). Hay que destacar la biomasa alcanzada por ésta familia con 60-80-60 kg NPK, a pesar de la presencia de nitrógeno.

La menor producción de "otras" correspondió en las dos frecuencias de siega a las combinaciones fosfo-potásicas y nitro-fosfo-potásicas; por el contrario las más elevadas se

localizan en las nitro-potásicas (dos cortes) y en las nitro-fosfóricas (sobre todo con 120-160 kg) con tres.

El paso de dos a tres aprovechamiento resulta, en general, muy beneficioso para las leguminosas que aumentan mucho su contribución. Los tratamientos más efectivos son los fosfóricos y fosfo-potásicos; dentro de éste último destaca su dosis alta (240-180 kg) que origina un incremento significativo de un 217% respecto a dos cortes con un rendimiento muy alto (4.436 kg MS ha⁻¹). En las "otras" también se logran aumentos significativos con el nitro-potásico (180-180 kg ha⁻¹, 29%) y nitro-fosfo-potásico (120-160-120 kg ha⁻¹, 63,4%). Por el contrario, en tres cortes, las gramíneas sufren un descenso significativo con nitrógeno (180 kg ha⁻¹, -39,1%) y la combinación nitro-potásica (180-180 kg ha⁻¹, -31,3%).

En función de los objetivos descritos al principio del capítulo, en el que se consideraba que la composición botánica idónea para un prado natural de montaña era de un 50-70% de gramíneas, 10-30% de leguminosas y 10-30% de "otras"; los tratamientos que mejor se ajustan a estos criterios, en el corte de Junio con dos aprovechamientos, son el P1K1 y P2K2 que llevan un 68,5% de gramíneas; un 12,3 y 18,6% de leguminosas y un 19,2 y 12,9%, respectivamente, de "otras". En Septiembre estas combinaciones tienen una buena provisión de gramíneas (42,2 y 39,9%), alto porcentaje de leguminosas (30,1 y 30,5%) y bajo contenido de "otras" (27,5 y 29,6% respectivamente).

En tres cortes los fines se cumplen en Junio con la dosis baja de fertilizante fosfatado (80 kg ha⁻¹) y potásico (60 kg ha⁻¹), pero sobre todo con el nivel mínimo fosfo-potásico (80-60 kg) que lleva una buena tasa de gramíneas (66,4%), una mejor dotación de leguminosas (24,1%) y baja proporción de "otras" (9,5%) en comparación con las anteriores; además este tratamiento presenta una excelente provisión de leguminosas en los cortes de Julio (39,6%) y Septiembre (28,8%). También con 240-180 kg PK se garantizan las condiciones indicadas y la ventaja adicional, en todos los cortes, de un mejor contenido en leguminosas y más bajo en "otras".

Si seleccionamos el tratamiento más adecuado en función de los rendimientos de hierba y del equilibrio en la composición botánica se llega a las mismas conclusiones anteriores: los niveles bajos (80-60 kg ha⁻¹) y medios (160-120 kg ha⁻¹) de abonado fosfo-potásico con dos cortes; junto con los bajos y altos (240-180 kg ha⁻¹) en tres aprovechamientos son los que presentan un relación más equilibrada.

Los valores positivos de estos tratamientos quedan también destacados al analizar la diversidad florística en relación con la producción. Ambos presentan valores altos de riqueza y diversidad de especies, a la vez que una producción elevada. Ello es indicativo de que las características del ecosistema que le aportan estabilidad o equilibrio -posibilidades de uso sostenible-, se mantienen con este tipo de abonado.

5. Composición química.

Como hemos visto en el capítulo anterior la composición botánica está fuertemente influenciada por la fertilización y el número de aprovechamientos. Estos factores hacen variar de forma acusada el porcentaje y la producción de gramíneas, leguminosas y "otras" plantas en el prado. Este cambio en la composición botánica no sólo ocasiona una variación en el rendimiento total de forraje sino también en el valor nutritivo del mismo, como consecuencia de la diferente composición química de cada grupo botánico.

Así desde el punto de vista de su composición química las leguminosas pratenses superan a las gramíneas en contenido de proteína bruta y minerales (GARCIA NAVARRO, 1988; PEREZ PINTO, 1991) y su valor nutritivo decrece más lentamente con la edad. Tienen un menor contenido de pared celular (hemicelulosa, celulosa) y aunque la proporción de lignina es mayor que en las gramíneas (OSBOURN, 1980a; GOLOB *et al.*, 1989), en conjunto presentan un porcentaje menor de fibra bruta cuando se recogen con el mismo estado fenológico (JARRIGE, 1981). Además las leguminosas son más apetecibles por los animales y son ingeridas en cantidades superiores a las gramíneas (10-15%), con el mismo nivel energético (MUSLERA y RATERA, 1990; GIOVANNI, 1990). Como resultado de lo anterior, al aumentar el porcentaje de trébol blanco en el pasto de 10 a 36%, WILKINS (1987), obtuvo que las ganancias de peso de corderos en pastoreo se incrementaron de 200 a 309 g/día.

Por su parte las gramíneas son más ricas en glúcidos solubles lo que implica, generalmente, un mayor valor energético y una mejor conservación mediante ensilado (CARPINTERO y SUAREZ 1977b). Además, gracias a sus elevadas biomásas y moderadas pérdidas en el henificado (DULPHY, 1987) son la base de la producción total de unidades nutritivas del prado (UFL ha⁻¹), sobre todo en los aprovechamientos de primavera.

Las "otras" plantas de los prados tienen en conjunto unos contenidos intermedios entre las gramíneas y las leguminosas en algunos componentes de la pared celular como la hemicelulosa y celulosa, aunque más altas en lignina (LOPEZ, 1990), llegando su contenido proteico, en determinadas circunstancias, a ser superior al de las gramíneas en el corte de primavera (LOPEZ *et al.*, 1991).

Dentro del grupo de las "otras" plantas, junto con las malas hierbas hay algunas especies muy frecuentes en los prados de siega que tienen una buena calidad nutritiva como es el caso de *Taraxacum officinale* y *Ranunculus repens* ya que tienen poca pared celular y aumenta poco con la edad, elevado contenido en minerales y buena apetecibilidad por el ganado; además tienen una buena digestibilidad, incluso superior a *Dactylis glomerata* (DACCORD, 1988, 1989).

En función de lo anterior es necesario cambiar el concepto de "malas hierbas" que frecuentemente se atribuye a todas las plantas que forman este grupo y la necesidad de mantener una cierta proporción de las mismas (10-30%) en el prado en equilibrio con las gramíneas y las leguminosas (DIETL, 1982, 1988).

En este sentido AMELLA y FERRER (1990) encuentra una correlación significativa entre la abundancia de *Taraxacum officinale*, *Ranunculus acris*, *Trifolium repens* y el bajo contenido de fibra bruta de la hierba; por el contrario las presencias abundantes de *Holcus lanatus*, *Poa trivialis* o *Dactylis glomerata* se correlacionan positivamente con elevados niveles de fibra bruta.

El estado fisiológico o grado de crecimiento de las plantas en el momento de la recolección es otro de los factores que más afectan al valor nutritivo de la hierba. A este respecto GONZALEZ (1987a y 1987b) obtiene que el estado fenológico de las especies en el momento de la recolección es, a veces, más importante que la propia fertilización y está a su vez muy relacionado con la intensidad de explotación o número de cortes. Al intensificar los aprovechamientos es factible realizar la siega cuando las plantas se encuentran en el espigado o principio de floración que es cuando el contenido y la producción de unidades nutritivas es máxima (GILLET, 1984; DUTHIL, 1989; DURU, 1992).

Es conocido que el valor nutritivo de la hierba disminuye con la edad de las plantas, especialmente a lo largo del primer ciclo de aprovechamiento. La hierba joven tiene un elevado contenido en proteína bruta y a medida que las plantas crecen aumentan considerablemente las fracciones más indigestibles de la pared celular. Esto se refleja en la fibra bruta que puede aumentar desde un 15-20% de la MS en las plantas jóvenes hasta el 40% o más en las maduras. Por el contrario al envejecer disminuye la concentración de proteína y cuando los aprovechamientos se hacen muy tarde, las plantas están embastecidas, y no son capaces de cubrir las necesidades nutritivas de los animales. En general se establece una relación inversa entre el contenido de proteína y fibra aunque puede romperse por el empleo de fertilizantes (PEREZ PINTO, 1991; McDONALD *et al.*, 1993).

En los siguientes apartados se analiza la influencia que tienen los diferentes niveles y combinaciones de fertilizantes, así como la frecuencia de corte, sobre los contenidos (% MS) y producciones (kg MS ha⁻¹) de proteína y fibra del forraje cosechado.

5.1. Variación en el contenido de proteína bruta.

En la Tabla 41 se exponen los porcentajes de proteína bruta (PB) de los 22 tratamientos estudiados en cada aprovechamiento con dos frecuencias de corte.

Con dos aprovechamientos se observa, en Junio, un mayor porcentaje de proteína bruta en aquellos tratamientos que llevan una fuerte base nitrogenada como N3 (12,06%), N3P3 (12,03%), N3K3 (11,77%) y N3P3K3 (11,34%), aunque con diferencias poco marcadas respecto al testigo (9,18%). Por el contrario los más bajos fueron las parcelas que llevaban únicamente potasio, así como N1 (8,51%) y N1P1 (8,71%), que se situaron por debajo del testigo.

En Septiembre los porcentajes más elevados correspondieron a los tratamientos fosfo-potásicos P1K1 (15,81%), P2K2 (14,92%) y P3K3 (14,70%) o fosfóricos (P3, 14,64%; P2, 14,00%), debido a los elevados niveles de leguminosas en estas parcelas. Los más bajos

correspondieron a los nitrogenados (N2, 11,74%), nitro-potásicos (N2K2, 11,40%; N3K3, 11,79%) y N3P3K3 (11,60%), todos ellos inferiores al testigo (12,43%).

En tres cortes el valor más elevado en Junio corresponde a P3K3 (13,77%), que supera a todos los tratamientos con fuerte componente nitrogenado: N3 (12,89%), N2K2 (12,78%), N3K3 (12,85%) y N3K3P3 (12,35%). Los fertilizantes potásicos, igual que en dos cortes, tienen los porcentajes más bajos, sobre todo K1 (8,82%) que es el único tratamiento que se sitúa por debajo del testigo (9,16%).

En el corte de Julio P3K3 (19,61%) ocupa el primer lugar, seguido de P3 (18,61%) y N1P1K1 (18,39%); el más bajo corresponde a N2K2 (13,81%) situándose el testigo (15,81%) en un lugar intermedio.

En el tercer corte también los fertilizantes fosfo-potásicos, esta vez con la dosis más baja (P1K1, 17,61%) y fosfóricos (P3, 17,31%), tienen los porcentajes más elevados. En el extremo opuesto se localiza N3P3 (14,07%), seguido de los nitro-potásicos (N2K2, 14,68%; N3K3, 14,67%) y N2P2K2 (14,63%), todos inferiores al testigo (15,37%).

Tabla 41.- Influencia de la fertilización y la frecuencia de corte sobre el contenido en proteína bruta (% ms) (medias de tres años)

| N-P-K | DOS CORTES | | TRES CORTES | | |
|-------|------------|-------|-------------|-------|-------|
| | JUNIO | SEPT. | JUNIO | JULIO | SEPT. |
| 0-0-0 | 9,18 | 12,43 | 9,16 | 15,81 | 15,37 |
| 1-0-0 | 8,51 | 13,77 | 11,17 | 15,19 | 16,41 |
| 2-0-0 | 9,62 | 11,74 | 12,37 | 15,85 | 15,06 |
| 3-0-0 | 12,06 | 12,70 | 12,89 | 17,10 | 15,08 |
| 0-1-0 | 9,35 | 13,64 | 12,14 | 17,62 | 17,19 |
| 0-2-0 | 9,61 | 14,00 | 10,96 | 17,56 | 16,17 |
| 0-3-0 | 9,53 | 14,64 | 10,56 | 18,61 | 17,31 |
| 0-0-1 | 7,93 | 13,03 | 8,82 | 16,35 | 16,05 |
| 0-0-2 | 7,99 | 12,24 | 9,19 | 15,54 | 15,81 |
| 0-0-3 | 8,18 | 13,43 | 9,43 | 15,52 | 15,41 |
| 1-1-0 | 8,71 | 13,37 | 10,99 | 16,52 | 15,80 |
| 2-2-0 | 9,81 | 12,17 | 11,22 | 15,77 | 15,41 |
| 3-3-0 | 12,03 | 12,38 | 11,90 | 15,42 | 14,07 |
| 1-0-1 | 9,25 | 12,99 | 10,19 | 15,24 | 16,36 |
| 2-0-2 | 9,43 | 11,40 | 12,78 | 13,81 | 14,68 |
| 3-0-3 | 11,77 | 11,79 | 12,85 | 16,78 | 14,67 |
| 0-1-1 | 9,55 | 15,81 | 10,85 | 18,32 | 17,61 |
| 0-2-2 | 10,44 | 14,92 | 11,98 | 18,35 | 16,77 |
| 0-3-3 | 9,78 | 14,70 | 13,77 | 19,61 | 17,15 |
| 1-1-1 | 9,22 | 13,88 | 11,12 | 18,39 | 17,06 |
| 2-2-2 | 9,29 | 12,33 | 11,07 | 16,75 | 14,63 |
| 3-3-3 | 11,34 | 11,60 | 12,35 | 16,13 | 15,19 |

Dentro del estudio de la composición química del forraje, uno de los aspectos más estudiados es la influencia de diferentes niveles de abonado nitrogenado sobre la proteína bruta de la hierba. En este sentido KRALOVEC (1991) señala una respuesta débil (24,68% de proteína bruta sin aplicar nitrógeno y 25,17% con 200 kg N), al igual que LIHAN y JEZIKOVA (1991) que obtienen un 15,8% de proteína bruta en el testigo y 16,5% con 300 kg N. Con tres cortes, FIALA (1990) indica incrementos medios de sólo un 2,3% con 300 kg N respecto al testigo (14,87%). BANSZKY (1990) consigue unos porcentajes más bajos que los nuestros en tres cortes con 150 kg N (9,37; 11,25 y 13,12%, en el primero, segundo y tercer corte respectivamente) y con 300 kg N (11,87; 13,12 y 15,00%, respectivamente); en ambas dosis los mayores niveles se producen en el tercer aprovechamiento, mientras que en nuestro ensayo se dan en el segundo corte.

MIKOLAJCZAK y NOWAK (1985) indican contenidos mayores de proteína bruta que van desde 16,68% con el abonado PK a 23,93% con 480 kg N, cifras muy superiores a las nuestras aunque con las dosis semejantes (60 y 120 kg N) los porcentajes son bastante parecidos. BANSZKI (1991) señala una disminución de la proteína bruta desde un 16,06 a un 14,06% al incrementar las dosis de fertilizantes fosfo-potásicos desde 300-25-50 a 300-150-300 kg NPK ha⁻¹; y de 18,50 a 14,50% al pasar de 400-25-50 a 400-150-300 kg NPK ha⁻¹. Estos datos están en contradicción con nuestros resultados, en los que se obtienen incrementos sustanciales en la mayoría de los cortes con la fertilización fosfo-potásica.

Otros autores (GRANDI y CAGIOTTI, 1987; GRANDI *et al.*, 1989; RAMON y JOURDAN, 1987; DEMARQUILLY, 1970; DYCKMANS, 1989) obtienen valores muy variables de proteína bruta en función del abonado y de la proporción de trébol en el prado. NICZYPORUK y MORACZEWSKI (1987) consiguen los mayores porcentajes en el primer corte con el abonado PK; para GOLOB *et al.* (1989) los niveles de proteína bruta en primavera son superiores a los del verano, obteniendo el valor más alto (15,0%) con el NPK en primavera y con el PK (14,4%) en verano.

Las variaciones en los contenidos de proteína indicados en la Tabla 41 se enmarcan dentro de los señalados por diferentes autores (SUAREZ y SANTOS, 1965; CARPINTERO y SUAREZ, 1977a; CHOCARRO *et al.*, 1988; CARRO *et al.*, 1988; FERRER *et al.*, 1990; AMELLA y FERRER, 1990), con distintos tipos de abono y en diferentes prados del Norte de España.

Respecto a la comparación de proteína bruta en dos y tres cortes, cabe señalar que YOOK y JACOB (1990) encuentran porcentajes medios mayores en tres cortes (12,2%) que en dos (8,6%), aunque en ambos casos el testigo tenía mayores porcentajes de proteína bruta que las parcelas fertilizadas con nitrógeno (100 y 200 kg ha⁻¹). También GRABOWSKI *et al.* (1990) obtienen mayores porcentajes de proteína bruta con tres cortes que en dos, con diferentes niveles de NPK, aunque sólo los calcula en las gramíneas y en las "otras".

Por otro lado ANTUÑA *et al.* (1991) indican que un alargamiento del intervalo entre cortes tiene un marcado efecto negativo sobre la proteína bruta de la hierba, siendo más elevado en verano-otoño que en primavera dentro de cada tratamiento. Esto coincide con nuestros resultados ya que con una separación entre aprovechamientos de once semanas (caso de dos cortes) los porcentajes de proteína son inferiores a los obtenidos con tres siegas, en que el intervalo se redujo a siete y nueve semanas respectivamente.

Por su parte GONZALEZ, (1987a) sostiene que la aplicación de nitrógeno a una pradera mixta provoca dos efectos diferentes que se compensan: la disminución del trébol en la pradera y el incremento de la absorción de nitrógeno por la gramíneas. A estos hay que añadir otro efecto importante como es el estado fisiológico de las plantas que se relaciona con el intervalo de defoliación: a mayor intervalo menor contenido de nitrógeno por efecto de la dilución habida con el crecimiento. Concluye este autor señalando que la proteína presenta una variación estacional mayor que la provocada por la aplicación de nitrógeno o por el porcentaje de trébol en la pradera, ambos en relación inversa.

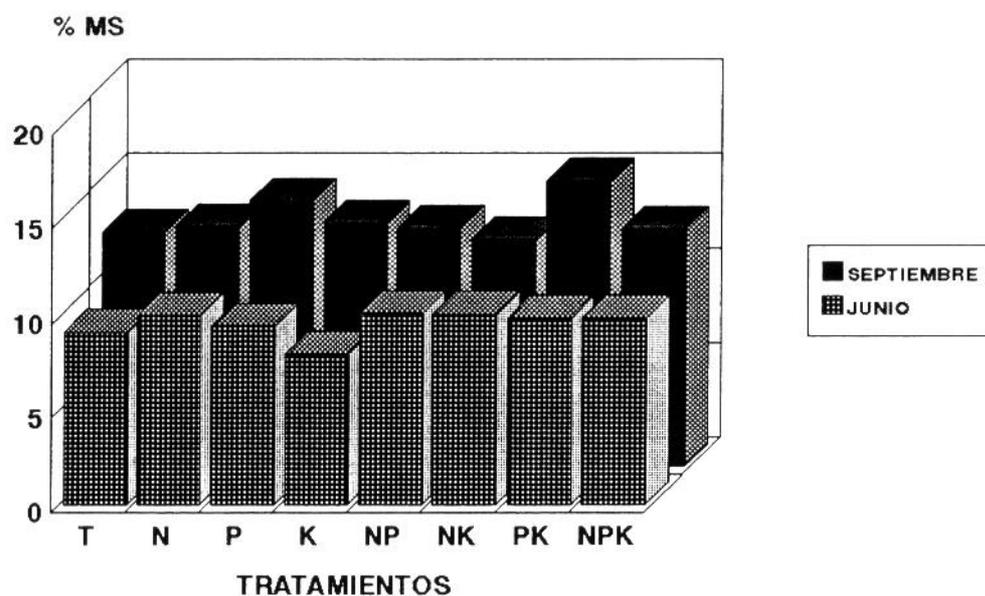
5.1.1. Consideraciones generales.

En la Figura 14 se exponen los contenidos medios de proteína bruta (% MS), con dos y tres cortes, correspondientes a los ocho tratamientos simplificados (Testigo N, P, K, NP, NK, PK y NPK).

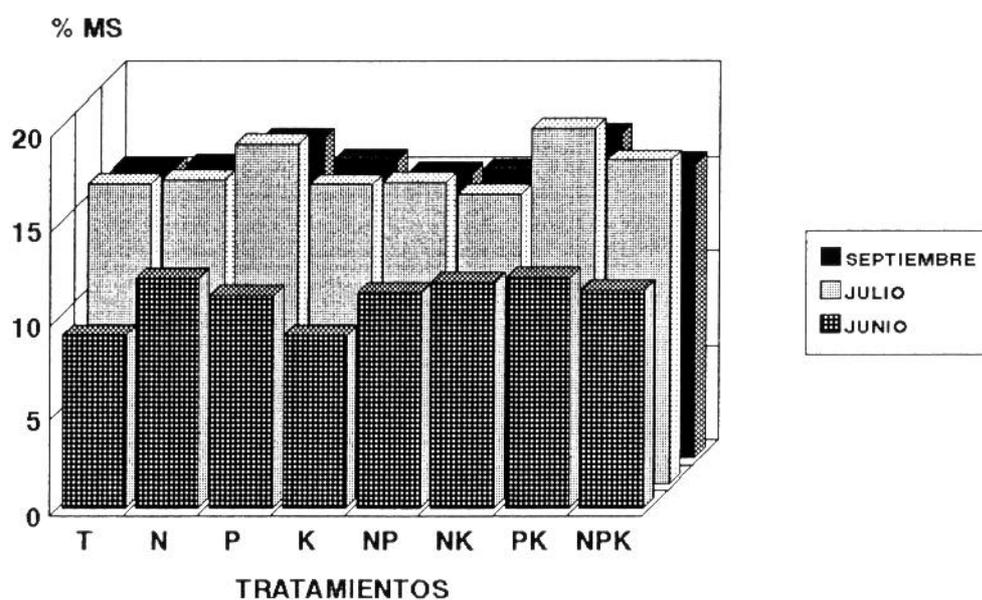
En el corte de Junio de dos siegas se observa un mayor porcentaje en proteína bruta en los tratamientos con base nitrogenada: N (10,06%), NP (10,18%), NK (10,15%) y NPK (9,95%), aunque sin diferencias notables respecto al resto. El K (8,03%) fue inferior al testigo (9,18%), presentando la cifra más baja.

Figura 14. Contenidos medios de proteína bruta

DOS CORTES



TRES CORTES



En Septiembre los valores más elevados corresponden al P (14,09%) y PK (15,14%) debido las tasas de leguminosas de estas parcelas. El contenido más bajo corresponde al NK (12,06%) que se sitúa por debajo del testigo (12,43%). En general, las diferencias entre tratamientos son poco apreciables.

En conjunto, el promedio de proteína bruta de los tratamientos de Septiembre (13,07%) es un 35,9% superior a la media de Junio (9,62%).

Para tres cortes, en el de Junio, las diferencias son más apreciables; los valores más altos corresponden al N (12,14%) y PK (12,20%), mientras que los más bajos al testigo (9,16%) y K (9,15%), que están igualados. El resto giran alrededor del 11%.

El aprovechamiento de Julio se caracteriza por unos niveles más altos de proteína bruta que en Junio. Los mayores porcentajes se consiguen con PK (18,76%) y P (17,93%), seguidos de NPK (17,09%). Como en el corte anterior K (15,80%) fue semejante al testigo (15,81%) y a NP (15,90%), mientras que NK (15,28%) se mantuvo ligeramente por debajo.

El tercer corte (Septiembre) sigue una pauta semejante al segundo; P (16,89%) y PK (17,18%) presentan los valores más altos mientras que el resto de los tratamientos, incluido el testigo, se mantienen en torno al 15% sin apenas variaciones.

Con tres aprovechamientos se obtienen contenidos medios más elevados en todos los cortes y diferencias más apreciables entre ellos; así el promedio más alto se produce en el segundo (16,58%) que fue un 49,5% superior al primero (11,09%), seguido del tercero (15,83%).

5.2. Variación en la producción de proteína bruta.

En las Tablas 42, 43, 44, 45, 46, 47 y 48 se expresan de forma detallada las producciones de proteína bruta (kg ha⁻¹) de los veintidós tratamientos en las dos frecuencias de corte.

5.2.1. Nitrógeno.

Dos cortes.

Como se aprecia en la Tabla 42, el corte de Junio muestra un incremento de proteína, con diferencias significativas entre el testigo con N2 y N3. En Septiembre no hay diferencias significativas, aunque se nota una subida en N1 con un descenso posterior hasta N3. En la producción total se observa una igualdad en N1 y N2, con valores superiores al testigo, y una ligera subida en N3. Las diferencias significativas se establecen entre N3 y el testigo.

Estos datos son superiores a los señalados por PAPANASTASIS y KOUKOULAKIS (1988) que con 40 kg N obtienen 736 kg PB ha⁻¹ en un prado rico en leguminosas, cifra inferior a la obtenida en el testigo (933 kg PB ha⁻¹). Por el contrario, nuestros valores siempre estuvieron por encima del mismo.

Tabla 42.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO y la frecuencia de corte sobre la producción de proteína bruta (kg MS ha⁻¹).

| | DOSIS DE NITRÓGENO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|-----------------------|--|---------|--------|--------|------|--------|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | | |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 454a | 630a | 670bc | 841c | *** | 204 |
| Septiembre | 277 | 379 | 314 | 291 | NS | 140 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 321a | 566b | 619b | 508ab | ** | 200 |
| Julio | 232 | 234 | 257 | 297 | NS | 91 |
| Septiembre | 220a | 228a | 155b | 205ab | * | 63 |
| Total (2C) | 731a | 1.009ab | 984ab | 1.132b | * | 378 |
| Total (3C) | 773a | 1.028b | 1.031b | 1.010b | * | 229 |
| DIFERENCIA (%) | 5,7 | 1,9 | 4,8 | -10,8 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Tres cortes.

Referente a Junio hay un avance hasta N2, con diferencias significativas entre el testigo con N1 y N2. En Julio se advierte una subida leve, pero no significativa, hasta N3 y en Septiembre se mantiene una igualdad con el testigo, salvo en N2 en que se manifiesta una depresión que mantiene diferencias significativas con N1 y el testigo. En la producción total los tres tratamientos con nitrógeno son prácticamente iguales y hay diferencias estadísticas respecto al testigo.

Comparación dos/tres cortes.

Se encuentran diferencias poco notables entre ambos sistemas, de signo positivo en el testigo, N1 (1,9%) y N2 (4,8%) y negativas en N3 (10,8%) respecto a dos cortes.

5.2.2. Fósforo.

Dos cortes.

En la Tabla 43 se contempla un crecimiento de la producción de proteína con la adición de fósforo en Junio, Septiembre y en la suma de ambos. Se establecen diferencias significativas entre el testigo con P2 y P3 (Junio y Septiembre) y con las tres dosis en el total.

Tabla 43.- Efecto de las dosis de FÓSFORO y la frecuencia de corte sobre la producción de proteína bruta (kg MS ha⁻¹).

| ÉPOCA DE CORTE | DOSIS DE FÓSFORO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|-----------------------|--|---------|---------|--------|------|--------|
| | 0 | 80 | 160 | 240 | | |
| Junio | 454a | 551ab | 636b | 655b | * | 148 |
| Septiembre | 277a | 437a | 474b | 484b | NS | 178 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 321a | 578ab | 638ab | 765b | * | 374 |
| Julio | 232 | 370 | 376 | 427 | NS | 257 |
| Septiembre | 220a | 354ab | 414b | 431b | * | 143 |
| Total (2C) | 731a | 988b | 1.110b | 1.139b | *** | 216 |
| Total (3C) | 2773a | 1.302ab | 1.428ab | 1.623b | * | 694 |
| DIFERENCIA (%) | 5,7 | 31,8 | 28,6 | 42,5 | | |
| SIG. | NS | NS | * | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Resultados similares son los señalados por PAPANASTASIS y KOUKOULAKIS (1988) que con 100 kg P alcanzan la mayor cantidad de proteína (1.416 kg PB ha⁻¹).

Tres cortes.

Se observa un ascenso en las tres siegas y en la suma de ellas. El aprovechamiento de Julio es el único que no presenta diferencias significativas de las dosis con el testigo. Sumando las producciones de los tres cortes las diferencias se establecen con 240 kg P, que alcanza el valor máximo con 1.623 kg PB. Estos resultados son superiores a los conseguidos por ARNAUD *et al.* (1983) que obtiene 498 kg PB ha⁻¹ con 60 kg P.

Comparación dos/tres cortes.

La proteína se vio muy favorecida por la fertilización fosfatada y por el aumento en el número de siegas, con incrementos que oscilan desde 28,6% con P2, que resultó significativo, a 42,5% con P3.

Comparando la cantidad de proteína debida al abonado nitrogenado con obtenida por el fosfatado cabe señalar que, en la producción total con dos cortes, ambos elementos incrementaron los rendimientos de forma similar, en torno al 55% en los tratamientos más favorables. Por el contrario en tres cortes se consiguen notables diferencias entre ambos; el nitrógeno mejoró como máximo un 33% la producción con 120 kg N, mientras que el fósforo lo hace en 110% con 240 kg P; incluso la dosis más pequeña de fósforo (80 kg P) superó en un 26% al tratamiento más efectivo con nitrógeno.

5.2.3. Potasio.

Como se aprecia en la Tabla 44 con la fertilización potásica no se observan diferencias significativas en ninguno de los cortes ni en la suma de ellos.

Dos cortes.

En la producción total de proteína se aprecia un ligero incremento respecto al testigo con K1, K2 que tienen valores similares y una elevación en K3.

Tabla 44.- Efecto de las dosis de POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de proteína bruta (kg MS ha⁻¹).

| | DOSIS DE POTASIO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|-----------------------|--|-------|-----|------|------|--------|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | | |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 454 | 435 | 449 | 449 | NS | 101 |
| Septiembre | 277 | 363 | 344 | 436 | NS | 202 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 321 | 424 | 395 | 382 | NS | 131 |
| Julio | 232 | 297 | 242 | 255 | NS | 101 |
| Septiembre | 220 | 296 | 221 | 232 | NS | 89 |
| Total (2C) | 731 | 798 | 793 | 935 | NS | 237 |
| Total (3C) | 773 | 1.017 | 858 | 869 | NS | 277 |
| DIFERENCIA (%) | 5,7 | 27,4 | 8,2 | -7,0 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Tres cortes.

En este caso la suma de los tres aprovechamientos sigue una secuencia diferente, ya que el incremento principal se produce con K1.

Comparación dos/tres cortes.

La fertilización potásica tiene un efecto positivo en tres cortes con K1 (27,4%) y K2 (8,2%), mientras que se hace negativo en K3 (7,0%), no apreciándose diferencias significativas entre ambos sistemas.

5.2.4. Nitrógeno-Fósforo.

Dos cortes.

En Junio se aprecia una elevación de la proteína con el abonado NP y hay diferencias significativas entre el testigo con N2P2 y N3P3; así como entre N1P1 con N3P3 (Tabla 45). En Septiembre las cantidades de las parcelas fertilizadas son muy similares. En la producción total hay un incremento significativo entre el testigo y el resto de los tratamientos.

PAPANASTATASIS y KOUKOULAKIS (1988) obtienen con NP (40-100 kg) resultados bastante similares a los aquí hallados (1.000 kg PB ha⁻¹) y TOTEV y KOEV (1990) más bajos (611 kg PB ha⁻¹) con 100-100 kg NP.

Tabla 45.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO-FÓSFORO y la frecuencia de corte sobre la producción de proteína bruta (kg MS ha⁻¹).

| DOSIS DE NITRÓGENO-FÓSFORO kg ha⁻¹ año⁻¹ | | | | | | |
|---|------|--------|---------|---------|------|--------|
| | 0-0 | 60-80 | 120-160 | 180-240 | SIG. | M.D.S. |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 454a | 693ab | 811bc | 1.040c | *** | 286 |
| Septiembre | 277 | 389 | 362 | 368 | NS | 152 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 321a | 836b | 911b | 902b | ** | 372 |
| Julio | 232 | 335 | 262 | 241 | NS | 169 |
| Septiembre | 220a | 332b | 238ab | 210a | * | 99 |
| Total (2C) | 731a | 1.082b | 1.173b | 1.408b | ** | 338 |
| Total (3C) | 773a | 1.503b | 1.411b | 1.353ab | * | 608 |
| DIFERENCIA (%) | 5,7 | 38,9 | 20,3 | -3,9 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Tres cortes.

En el primero se aprecia un crecimiento de la producción hasta N2P2 y, si bien después se estabiliza, existen diferencias significativas de todos los tratamientos con respecto al testigo. En Julio y Septiembre sólo se observa el incremento con N1P1 y a continuación pérdida hasta N3P3, presentando los rendimientos conseguidos con dichas dosis diferencias significativas en el último aprovechamiento. La producción total de proteína muestra una tendencia inversa a los dos cortes; es decir, descenso desde N1P1 a N3P3, estableciéndose diferencias significativas respecto a los dos primeros niveles.

ARNAUD *et al.* (1983) señalan que con la fertilización nitro-fosfórica se duplica la cantidad de proteína (991 kg PB ha⁻¹) respecto a la fosfórica (498 kg PB ha⁻¹), tendencia que concuerda con nuestros datos únicamente en dos cortes.

Comparación dos/tres cortes.

El distinto comportamiento que se observa con la fertilización nitro-fosfórica, debido a los dos sistemas de aprovechamiento, origina que a medida que se incrementan los niveles de NP la diferencia entre ambas frecuencias disminuye; así las variaciones van desde 38,9% con N1P1 a -3,9% con N3P3, respecto a dos cortes.

5.2.5. Nitrógeno-Potasio.

Dos cortes.

Tal como se ve en la Tabla 46, en el corte de Junio se alcanza una respuesta significativa en la producción de proteína con N3K3. Por el contrario en Septiembre no se observan diferencias entre dosis. En la suma de ambos cortes el nivel N3K3 fue el más efectivo (1.310 kg PB), estableciéndose diferencias significativas entre éste con el testigo y N2K2.

Como en nuestro caso TOTEV y KOEV (1990) obtienen menos cantidad con NK (544 kg PB ha⁻¹) que con NP (611 kg PB ha⁻¹), si bien sus valores son inferiores.

Tres cortes.

Se observa en Junio un aumento de los rendimientos encontrándose diferencias significativas entre N3K3 y el resto de los tratamientos. El corte de Julio sigue la misma secuencia anterior y en Septiembre se producen altibajos, en ambos casos con diferencias significativas. La máxima producción de proteína, igual que en dos cortes, se consigue con N3K3 (1.346 kg PB), con diferencias significativas respecto al testigo y al resto de las dosis, que presentan una cifra muy similar.

Tabla 46.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO-POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de proteína bruta (kg MS ha⁻¹).

| DOSIS DE NITRÓGENO-POTASIO kg ha⁻¹ año⁻¹ | | | | | | |
|---|-------|--------|---------|---------|------|--------|
| | 0-0 | 60-60 | 120-120 | 180-180 | SIG. | M.D.S. |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 454a | 606a | 611a | 961b | *** | 247 |
| Septiembre | 277 | 367 | 309 | 349 | NS | 142 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 321a | 538b | 599b | 760c | *** | 137 |
| Julio | 232ab | 217a | 259ab | 353b | * | 126 |
| Septiembre | 220a | 252a | 141b | 233a | ** | 65 |
| Total (2C) | 731a | 973ac | 920a | 1.310bc | ** | 370 |
| Total (3C) | 773a | 1.007a | 999a | 1.346b | *** | 271 |
| DIFERENCIA (%) | 5,7 | 3,5 | 8,6 | 2,7 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Comparación dos/tres cortes.

El abonado nitro-potásico tiene una acción similar en ambos sistemas, apreciándose diferencias poco sustanciales, aunque siempre positivas, favorables a los tres cortes.

5.2.6. Fósforo-Potasio.

Dos cortes.

Como se advierte en la Tabla 47 en el primer corte hay un incremento apreciable de proteína hasta P2K2, manteniéndose con P3K3 y presentando ambos tratamientos diferencias significativas con el testigo. En el segundo corte se da una elevación en la primera dosis y posteriormente una merma hasta P3K3, estableciéndose diferencias significativas del testigo con P1K1 y P2K2, que en la producción total es con todos los tratamientos fosfo-potásicos, ya que tienen unos valores muy similares.

En contraposición con estos datos, hay que señalar las bajas cantidades que obtienen otros autores (TOTEV y KOEV, 1990; PAPANASTASIS y KOUKOULAKIS, 1988), inferiores a los hallados con la fertilización nitro-fosfórica e incluso con la nitro-potásica.

Tabla 47.- Efecto de las dosis de FÓSFORO-POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de proteína bruta (kg MS ha⁻¹).

| | DOSIS DE FÓSFORO-POTASIO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|-----------------------|--|---------|---------|---------|------|--------|
| | 0-0 | 80-60 | 160-120 | 240-180 | | |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 454a | 634ab | 758b | 715b | * | 260 |
| Septiembre | 277a | 538b | 527b | 451ab | * | 226 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 321a | 744ab | 783ab | 1.057b | * | 632 |
| Julio | 232a | 467ab | 451ab | 554b | * | 283 |
| Septiembre | 220a | 413bc | 389b | 531c | *** | 132 |
| Total (2C) | 731a | 1.172b | 1.285b | 1.165b | ** | 396 |
| Total (3C) | 773a | 1.624ab | 1.623ab | 2.142b | * | 1.032 |
| DIFERENCIA (%) | 5,7 | 38,6 | 26,3 | 83,9 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Tres cortes.

En todas las siegas, pero sobre todo en la de Junio, se observa una respuesta clara y significativa de aumento en la proteína con la adición del abonado fosfo-potásico. Se contempla en la producción total una fuerte elevación desde el testigo a P1K1 y P2K2 que se incrementa, de forma significativa, con P3K3, alcanzando el máximo valor de todo el ensayo (2.142 kg PB).

Comparación dos/tres cortes.

La fertilización fosfo-potásica, acompañada de un incremento en el número de siegas, favorece claramente la producción de proteína. Las diferencias más bajas se obtienen con P2K2 (26,3%) y P1K1 (38,6%); la mayor -y significativa- con P3K3, en la que se alcanza un 83,9% más de proteína.

5.2.7. Nitrógeno-Fósforo-Potasio.

Dos cortes.

Tal como se contempla en la Tabla 48, en Junio hay un desarrollo creciente de proteína con la adición de NPK, estableciéndose diferencias significativas ($\bar{O} = 0,001$) de los distintos

tratamientos con el testigo. En el corte de Septiembre se sigue un proceso inverso al anterior, es decir, descenso en la producción desde N1P1K1 a N3P3K3, con diferencias significativas entre el testigo y N1P1K1. La producción total resultó significativa ($\alpha = 0,001$) aunque sólo con diferencias respecto al testigo. El rendimiento más alto se mantuvo en N3P3K3 (1.421 kg PB). Tanto TOTEV y KOEV (1990) como PAPANASTASIS y KOUKOULAKIS (1988) señalan unos resultados más bajos.

Tres cortes.

Se observa una elevación significativa de proteína en el corte de Junio y un descenso a partir de la primera dosis en Julio y Septiembre. En la producción total se establece una igualdad entre N1P1K1 y N2P2K2, con un máximo en N3P3K3 (1.750 kg PB), tal como ocurrió en el caso de dos cortes.

Estos datos son superiores a los indicados por ARNAUD *et al.* (1983) con NPK (1.230 kg PB ha⁻¹). HOPKINS *et al.* (1990) señalan producciones muy parecidas a las nuestras (1.781 kg PB ha⁻¹) pero con dosis más elevadas de nitrógeno (300 kg N). Por su parte BANSZKY (1990) obtiene producciones de proteína similares con 150 kg N (1.350 kg PB ha⁻¹) y con 300 kg N (1.875 kg PB ha⁻¹). En cualquier caso todos los autores indicados logran la máxima cantidad de proteína con la fertilización NPK y en nuestro caso se alcanza con PK.

FRAME (1987) obtiene igual producción media de proteína (1.820 kg ha⁻¹) sin nitrógeno que con 80 kg N añadidos a una base fosfo-potásica (60-60 kg). Esta cifra está muy cercana a la de éste ensayo (1.750 kg PB ha⁻¹) pero con niveles más altos (N3P3K3). Igualmente, SIMPSON *et al.* (1988) señalan cifras semejantes con 50 kg N (1.769 kg PB ha⁻¹) y en ausencia de nitrógeno (1.419 kg PB ha⁻¹). Por otra parte, SKOLIMOWSKI *et al.* (1989) consiguen, como en nuestro caso, que con la fertilización NPK se duplique la producción de proteína (1.250 kg PB ha⁻¹).

Tabla 48.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO-FÓSFORO-POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de proteína bruta (kg MS ha⁻¹).

| DOSIS DE NITRÓGENO-FÓSFORO-POTASIO kg ha⁻¹ año⁻¹ | | | | | | |
|---|-------|----------|-------------|-------------|------|--------|
| | 0-0-0 | 60-80-60 | 120-160-120 | 180-240-180 | SIG. | M.D.S. |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 454a | 796b | 800b | 1.089c | *** | 223 |
| Septiembre | 277a | 482b | 399ab | 332ab | * | 183 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 321a | 849b | 928b | 1.140b | *** | 355 |
| Julio | 232 | 375 | 337 | 335 | NS | 197 |
| Septiembre | 557 | 520 | 694 | 275ab | * | 121 |
| Total (2C) | 731a | 1.278b | 1.199b | 1.421b | *** | 285 |
| Total (3C) | 773a | 1.611b | 1.588b | 1.750b | ** | 743 |
| DIFERENCIA (%) | 5,7 | 26,0 | 32,4 | 23,1 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Comparación dos/tres cortes.

La fertilización nitro-fosfo-potásica favorece la producción de proteína bruta en los tres cortes. El tratamiento que más influencia tuvo fue N2P2K2 (32,4%), manteniéndose con N1P1K1 (26,0%) y N3P3K3 (23,1%), con unos porcentajes semejantes.

5.2.8. Consideraciones generales.

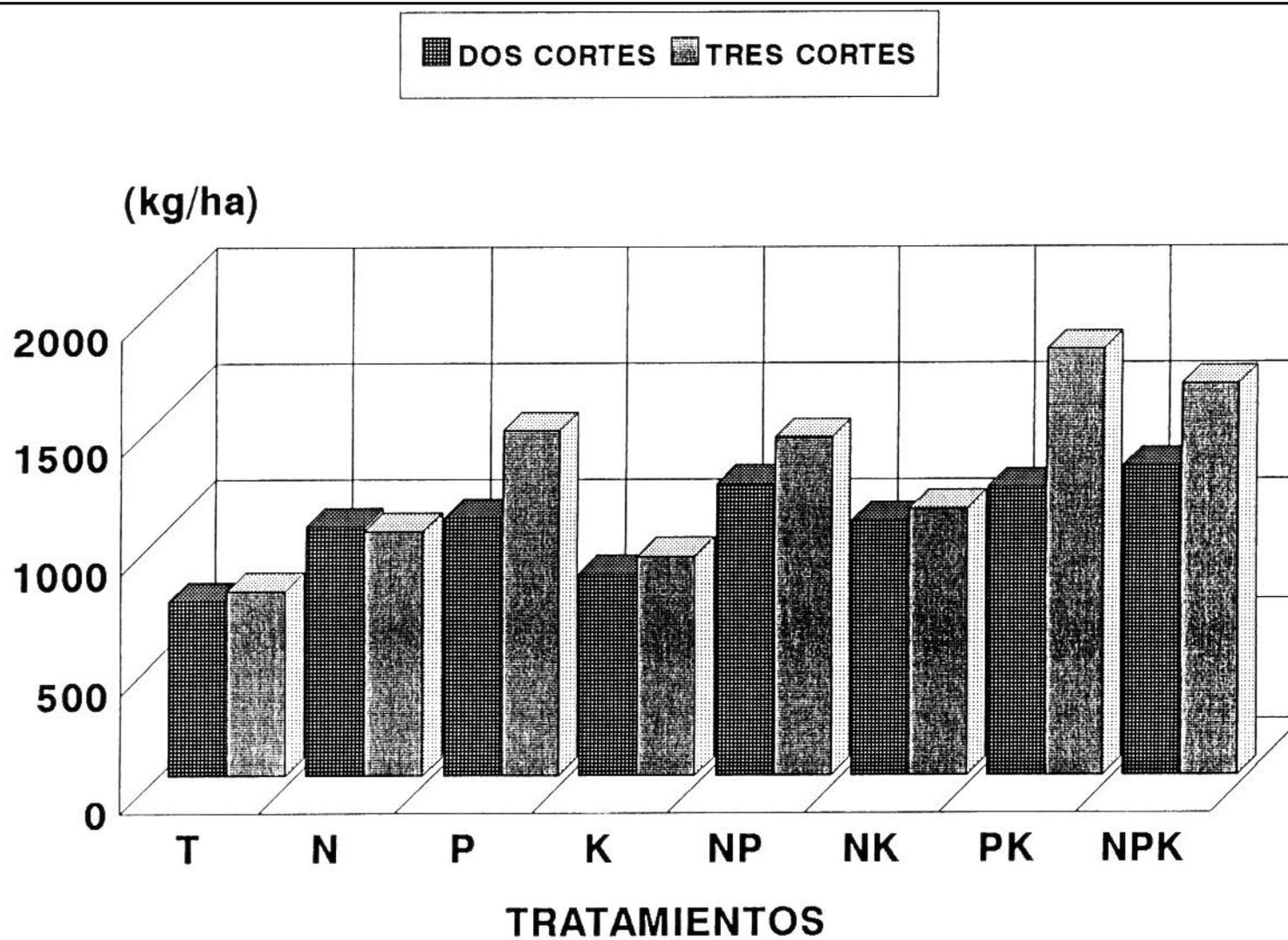
En la Tabla 49 se presenta una recopilación de todas las producciones de proteína bruta (kg ha⁻¹) que han sido estudiadas con detalle en el apartado anterior. En este apartado se hace un comentario sobre las producciones totales más destacadas, obtenidas de la suma de los diferentes aprovechamientos, en el conjunto de los tratamientos.

Tabla 49.- Influencia de la fertilización y frecuencia de corte sobre la producción de proteína (kg ha⁻¹) (medias de tres años)

| N-P-K | DOS CORTES | | TRES CORTES | | | TOTAL | |
|-------|------------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|
| | JUNIO | SEPT. | JUNIO | JULIO | SEPT. | 2 C. | 3 C. |
| 0-0-0 | 454 | 277 | 321 | 232 | 220 | 731 | 773 |
| 1-0-0 | 630 | 379 | 566 | 234 | 228 | 1.009 | 1.028 |
| 2-0-0 | 670 | 314 | 619 | 257 | 155 | 984 | 1.031 |
| 3-0-0 | 841 | 291 | 508 | 297 | 205 | 1.132 | 1.010 |
| 0-1-0 | 551 | 437 | 578 | 370 | 354 | 988 | 1.302 |
| 0-2-0 | 636 | 474 | 638 | 376 | 414 | 1.110 | 1.428 |
| 0-3-0 | 655 | 484 | 765 | 427 | 431 | 1.139 | 1.623 |
| 0-0-1 | 435 | 363 | 424 | 297 | 296 | 798 | 1.017 |
| 0-0-2 | 449 | 344 | 395 | 242 | 221 | 793 | 858 |
| 0-0-3 | 499 | 436 | 382 | 255 | 232 | 935 | 869 |
| 1-1-0 | 693 | 389 | 836 | 335 | 332 | 1.082 | 1.503 |
| 2-2-0 | 811 | 362 | 911 | 262 | 238 | 1.173 | 1.411 |
| 3-3-0 | 1.040 | 368 | 902 | 241 | 210 | 1.408 | 1.353 |
| 1-0-1 | 606 | 367 | 538 | 217 | 252 | 973 | 1.007 |
| 2-0-2 | 611 | 309 | 599 | 259 | 141 | 920 | 999 |
| 3-0-3 | 961 | 349 | 760 | 353 | 233 | 1.310 | 1.346 |
| 0-1-1 | 634 | 538 | 744 | 467 | 413 | 1.172 | 1.624 |
| 0-2-2 | 758 | 527 | 783 | 451 | 389 | 1.285 | 1.623 |
| 0-3-3 | 715 | 451 | 1.057 | 554 | 531 | 1.165 | 2.142 |
| 1-1-1 | 796 | 482 | 849 | 375 | 387 | 1.278 | 1.611 |
| 2-2-2 | 800 | 399 | 928 | 337 | 323 | 1.199 | 1.588 |
| 3-3-3 | 1.089 | 332 | 1.140 | 335 | 275 | 1.421 | 1.750 |

En dos cortes los mayores rendimientos totales se alcanzan con N3P3K3 (1.421 kg PB ha⁻¹) y N3P3 (1.408 kg PB ha⁻¹); en un segundo término, con valores muy próximos, se encuentran N3K3 (1.310 kg PB ha⁻¹), P2K2 (1.285 kg PB ha⁻¹) y N1P1K1 (1.278 kg PB ha⁻¹). Las más bajas se alcanzan con K1 (798 kg PB ha⁻¹) y K2 (793 kg PB ha⁻¹).

Con tres aprovechamientos se logra un cambio radical; el tratamiento P3K3 (2.142 kg PB ha⁻¹) pasa a ser el más eficaz con bastante diferencia sobre N3P3K3 (1.750 kg PB ha⁻¹) que ocupa el segundo lugar. Con rendimientos bastante altos, en torno a 1.600 kg PB ha⁻¹, se sitúan los tratamientos con fósforo (P3), fosfo-potásicos (P1K1 y P2K2) y ternarios N1P1K1 y N2P2K2. El potasio (K2, 858 kg PB ha⁻¹; K3, 869 kg PB ha⁻¹) sigue siendo el fertilizante que obtiene menor producción.

Figura 15.- Producción total de proteína bruta (comparación dos/tres cortes)

En tres cortes hay que destacar las elevadas cifras de proteína que se alcanzan en ausencia del nitrógeno con los tratamientos fosfo-potásicos, merced a los elevados porcentajes de leguminosas que se consiguen en el prado. Incluso únicamente con fósforo (240 kg ha^{-1}) se alcanza más proteína que con los niveles bajos y medios de NPK.

Como complemento de lo anterior se presenta, en la Figura 15, las producciones medias totales de proteína bruta (kg ha^{-1}), correspondientes a los ocho tratamientos simplificados (Testigo, N, P, K, NP, NK y NPK), en las dos frecuencias de corte.

En dos cortes la más alta se produce con NPK ($1.299 \text{ kg PB ha}^{-1}$), NP ($1.221 \text{ kg PB ha}^{-1}$), PK ($1.206 \text{ kg PB ha}^{-1}$) y P ($1.079 \text{ kg PB ha}^{-1}$); el valor más bajo corresponde al K con $842 \text{ kg PB ha}^{-1}$.

Por el contrario, en tres cortes, la producción más elevada corresponde ahora al PK con $1.797 \text{ kg PB ha}^{-1}$, seguido del NPK ($1.650 \text{ kg PB ha}^{-1}$), P ($1.451 \text{ kg PB ha}^{-1}$) y NP ($1.422 \text{ kg PB ha}^{-1}$). Igualmente, en este caso, K ($915 \text{ kg PB ha}^{-1}$) tuvo el rendimiento más bajo.

Si comparamos la producción total de proteína en dos y tres cortes se obtiene que los rendimientos se elevaron, con ésta última frecuencia de siega, en todos los tratamientos, salvo con el nitrógeno que descendió ligeramente ($-1,8\%$). Los aumentos más importantes, y significativos, se produjeron con el abonado nitro-fosfo-potásico ($27,0\%$, $\hat{\sigma} = 0,01$), fosfatado ($34,5\%$, $\hat{\sigma} = 0,01$) y sobre todo con el fosfo-potásico ($49,0\%$, $\hat{\sigma} = 0,01$). El testigo ($5,6\%$), K ($8,7\%$) y NK ($4,7\%$) tuvieron débiles crecimientos en tres cortes.

5.2.9. Recapitulación.

En el aprovechamiento de primavera se aprecia, en dos cortes, un mayor contenido de proteína bruta en los tratamientos que llevan fuertes niveles de nitrógeno, mientras que en tres con las dosis altas de fertilizantes fosfo-potásicos. En ambas frecuencias de siega ésta combinación binaria tiene igualmente un efecto muy positivo en los aprovechamientos de verano-otoño, siendo sus valores bastante más elevados que en primavera, como consecuencia de los altos porcentajes de leguminosas, más ricas en proteína.

En cuanto a la producción total de proteína bruta, en dos cortes, las cifras más altas (alrededor de 1.400 kg ha^{-1}) se logran con los niveles altos de abonado nitro-fosfórico ($180\text{-}240 \text{ kg}$) y nitro-fosfo-potásico ($180\text{-}240\text{-}180 \text{ kg}$) que superan en más de un 90% al testigo; con rendimientos bastante próximos (en torno a $1.300 \text{ kg PB ha}^{-1}$) se localizan los tratamientos que llevan niveles elevados de fertilizantes nitro-potásicos, medios de fosfo-potásicos y bajos de nitro-fosfo-potásicos.

Por el contrario con tres cortes se favorece, extraordinariamente, la producción con las dosis altas de fosfatados ($1.623 \text{ kg PB ha}^{-1}$), fosfo-potásicos ($2.142 \text{ kg PB ha}^{-1}$) y nitro-fosfo-

potásicos ($1.750 \text{ kg PB ha}^{-1}$), consiguiéndose unos incrementos de proteína entre un 110 y 177% con relación al testigo.

Destaca, igualmente en tres aprovechamientos, el singular rendimiento alcanzado con 80-60 kg de la combinación fosfo-potásica ($1.624 \text{ kg PB ha}^{-1}$) que es similar al conseguido con 240 kg de fósforo y/o 160-120 kg de la fosfo-potásica, e incluso con las dosis baja y media de los nitro-fosfo-potásicos, con el consiguiente ahorro energético.

El abonado fosfórico y fosfo-potásico desarrolla una gran capacidad de producción de proteína al efectuar tres aprovechamientos, resultando significativos los incrementos conseguidos con 160 kg de fósforo (28,6%) y, en especial, con 240-180 kg de abonado fosfo-potásico (83,9%).

5.3. Variación en el contenido de fibra bruta.

En la Tabla 50 aparecen reflejados los porcentajes de fibra bruta (FB) en todos los tratamientos estudiados con dos y tres cortes.

En general en dos cortes los contenidos son poco variables, oscilando en Junio desde un 24,72% en el testigo a un 29,97% en N3K3, que es el más elevado. Al margen del testigo los más bajos se localizan con K1 (25,94%), K2 (25,10%) y N3 (25,81%). El resto de los tratamientos oscilan entre un 26-28% de fibra bruta.

En el segundo aprovechamiento (Septiembre) los niveles fueron más bajos, situándose los extremos en el testigo (16,96%) y en N3P3 (25,36%). Otros valores altos se produjeron con N2P2 (24,14%) y N2P2K2 (24,03%). También en este corte el porcentaje más bajo, a excepción del testigo, correspondió al potasio (K3 18,50%); el resto de los tratamientos se encuentran alrededor del 21-23%.

Tabla 50.- Influencia de la fertilización y frecuencia de corte sobre el contenido en fibra bruta (% ms) (medias de tres años)

| N-P-K | DOS CORTES | | TRES CORTES | | |
|--------------|------------|-------|-------------|-------|-------|
| | JUNIO | SEPT. | JUNIO | JULIO | SEPT. |
| 0-0-0 | 24,72 | 16,96 | 26,75 | 18,88 | 14,95 |
| 1-0-0 | 27,19 | 22,63 | 28,50 | 20,08 | 18,99 |
| 2-0-0 | 28,46 | 21,08 | 28,79 | 20,05 | 19,75 |
| 3-0-0 | 25,81 | 22,07 | 27,89 | 19,68 | 19,81 |
| 0-1-0 | 28,77 | 22,27 | 28,23 | 19,33 | 19,62 |
| 0-2-0 | 27,47 | 21,69 | 27,68 | 21,75 | 18,76 |
| 0-3-0 | 26,78 | 21,39 | 30,72 | 20,24 | 18,74 |
| 0-0-1 | 25,94 | 21,44 | 28,26 | 18,92 | 16,88 |
| 0-0-2 | 25,10 | 22,36 | 28,63 | 19,85 | 17,37 |
| 0-0-3 | 28,50 | 18,50 | 26,34 | 19,58 | 18,95 |
| 1-1-0 | 28,48 | 21,98 | 29,83 | 20,14 | 18,94 |
| 2-2-0 | 26,93 | 24,14 | 29,89 | 17,92 | 19,13 |
| 3-3-0 | 26,89 | 25,36 | 28,33 | 22,97 | 20,08 |
| 1-0-1 | 26,21 | 22,64 | 29,93 | 19,33 | 18,86 |
| 2-0-2 | 28,30 | 21,58 | 27,70 | 19,69 | 16,88 |
| 3-0-3 | 29,97 | 19,72 | 27,99 | 19,38 | 19,02 |
| 0-1-1 | 28,22 | 23,25 | 30,35 | 21,80 | 19,49 |
| 0-2-2 | 26,74 | 23,36 | 29,76 | 21,36 | 18,78 |
| 0-3-3 | 27,21 | 22,69 | 27,01 | 20,80 | 20,52 |
| 1-1-1 | 27,70 | 23,72 | 30,03 | 21,54 | 19,26 |
| 2-2-2 | 27,45 | 24,03 | 30,63 | 21,17 | 20,54 |
| 3-3-3 | 28,78 | 23,82 | 32,39 | 20,52 | 22,07 |

Con tres aprovechamientos, en el de Junio la concentración de fibra bruta oscila entre 26,34% (K3) y 32,39% (N3P3K3). Otros contenidos elevados se alcanzaron con NPK (N2P2K2, 30,63%; N1P1K1, 30,03%), P1K1 (30,35%) y P3 (30,72%). Como en los cortes anteriores el testigo toma valores bajos (26,75%) y el resto de los tratamientos se sitúan en la banda del 27-29%.

En el corte de Julio el porcentaje más bajo corresponde al N2P2 (17,92%) que desplazó de este lugar al testigo (18,88%). El más alto se produce con la misma combinación binaria nitro-fosfórica (N3P3, 22,97%); la mayoría de los tratamientos se localizan en torno al 19-20% de fibra bruta.

En el corte de Septiembre cabe destacar el bajo contenido del testigo (14,95%) y también, como en los aprovechamientos anteriores, del K1 y N2K2 ambos con un porcentaje similar (16,88%). Por el contrario el más alto se consigue con N3P3K3 (22,07%)

Nuestros resultados están en el rango de los obtenidos por otros autores (AMELLA y FERRER, 1990; GRANDI y CAGIOTTI 1987; GRANDI *et al.*, 1989) en diferentes situaciones y de ellos se deduce que cualquier tratamiento de fertilización incrementa la proporción de fibra bruta respecto al testigo, que siempre tiene los valores más bajos (salvo con N2P2, tres cortes).

En prados permanentes de la montaña leonesa, CARPINTERO y SUAREZ (1977a) observaron valores inferiores de fibra bruta en los forrajes sin abonado o con NK respecto a los que llevaban NPK. Las cifras más elevadas de fibra en éstos últimos lo achacan a los importantes aumentos que se producen en las gramíneas.

Igualmente DIETL (1982), en un prado equilibrado, encuentra un 24,4% de fibra que aumenta a un 26,0% en los prados ricos en gramíneas (con más de un 70%); disminuye a un 22,7% en los bien provistos en leguminosas (con más de un 50%) y a un 20% en los elevados en "otras" plantas (con más de un 40%). También DYCKMANS (1989) en mezclas de gramíneas con trébol obtiene distintos valores de acuerdo con la presencia (21,3%) o ausencia (22,4%) de dicha leguminosa.

Por otra parte FIALA (1990), en un ensayo con tres cortes, indica que el porcentaje de fibra aumenta cuando se aplica nitrógeno y disminuye en los cortes de verano, con valores en el testigo de 25,9% (primer corte), 23,7% (2º) y 22,7% (3º). También GOLOB *et al.* (1989) señalan, en el caso del testigo, un valor más bajo de fibra en el verano (24,0%) que en primavera (26,1%), pero con el abonado NPK el contenido más elevado lo obtiene en verano (30,3%) frente a un 28,4% en primavera. DEMARQUILLY (1970), analizando el segundo y tercer ciclo de crecimiento de una pradera permanente, encuentra un porcentaje más alto de fibra bruta en el segundo ciclo que en el primero (26,8% frente a 20,5%, con 40 kg N ha⁻¹) y que aumenta en ambos ciclos al incrementar el abonado nitrogenado de 40 a 120 kg N ha⁻¹.

NICZYPORUK y MORACZEWSKI (1987), estudiando sólo el primer corte en un ensayo de larga duración, obtienen como en nuestro caso pocas diferencias entre los distintos tratamientos, pero señalan que los valores de proteína y fibra disminuyen con el paso de los años.

Comparando los porcentajes de fibra bruta en dos y tres cortes YOOK y JACOB (1990) señalan que son menores en tres cortes (26,2%) que en dos (28,9%). En ambos sistemas se aumentan con los niveles de nitrógeno. En dos cortes se elevan desde 27,8% en el testigo sin nitrógeno a 29,4% (200 kg N ha⁻¹); en tres cortes la variación va desde 23,8% (testigo) a 28,4% (200 kg N ha⁻¹).

GRABOWSKI *et al.* (1990) analizan la variación de fibra en la fracción de gramíneas y en las "otras" con diferentes niveles de NPK. Así con 180-120-180 kg NPK las gramíneas tienen un contenido medio de fibra de 31,05% en dos cortes, frente a un 29,6% con tres. Respecto a las "otras", el porcentaje también es más alto en dos cortes (22,8%) en relación con un 18,7% con tres. Este menor valor en fibra de las "otras" también fue puesto de manifiesto por GOLOB *et al.* (1989).

5.3.1. Consideraciones generales.

En la Figura 16 se representan los contenidos medios de fibra bruta (% MS) de los ocho tratamientos simplificados (Testigo, N, P, K, NP, NK, PK y NPK) en las dos frecuencias de corte.

En dicha figura se aprecia, en dos cortes, que en el de Junio los porcentajes medios de fibra bruta son poco variables, oscilando desde el 24,72% en el testigo al 28,16% del NK, situándose el resto de los valores alrededor del 27%; después del testigo el K (26,51%) fue el más bajo.

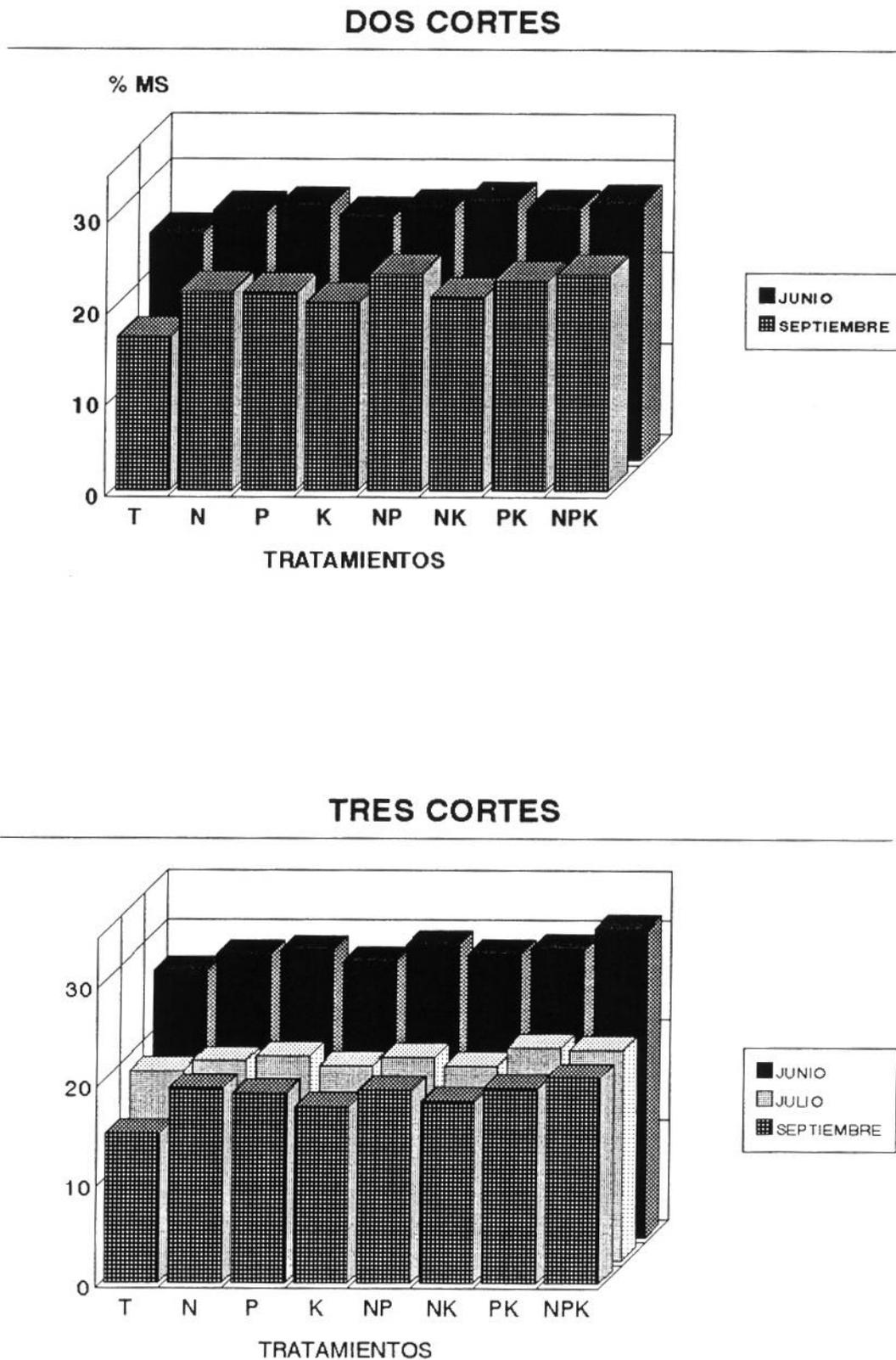
En el segundo corte hay oscilaciones más notables; el valor más bajo también correspondió al testigo (16,96%), siendo NP (23,83%), PK (23,10%) y NPK (23,86%) los más elevados. El potasio presenta, igualmente, unos porcentajes bajos (20,77%).

Comparando el contenido medio de fibra bruta de todos los tratamientos se aprecia que el segundo corte (21,69%) resulta inferior en un 20,05% al primero (27,13%).

Con tres aprovechamientos (Figura 16) las diferencias en el primer corte se mueven en una banda bastante estrecha que oscila entre el 26,75% del testigo y el 31,02% del NPK. Después del testigo el valor más bajo correspondió, de nuevo, al K (27,74%), circunstancia que también se repite en dos cortes; el resto de los tratamientos están en torno al 28-29%.

En el segundo corte los extremos de variación están entre el testigo (18,88%) y PK (21,32%), tomando NPK (21,08%) un valor muy próximo a PK; los demás tratamientos se sitúan entre 19-20%.

Figura 16.- Contenidos medios de fibra bruta.



Referente al tercer corte cabe destacar el bajo contenido en fibra bruta del testigo (14,95%), siendo el más elevado el NPK (20,62%), aunque con escasas diferencias con el resto de los tratamientos. Después del testigo el valor más bajo corresponde a K (17,73%), hecho que se viene repitiendo en otros cortes.

Con tres aprovechamientos, el nivel medio de fibra bruta desciende de forma sustancial a medida que se suceden los cortes a lo largo del verano, debido a que la hierba se encuentra en un estado menos avanzado de crecimiento; de esta forma los porcentaje del segundo (20,11%) y del tercero (18,64%) son inferiores en un 30 y 35,07% al primero (28,71%).

5.4. Variación en la producción de fibra bruta.

En las Tablas 51, 52, 53, 54, 54, 56 y 57 se expresan las producciones de fibra bruta (kg ha⁻¹), en dos y tres cortes, de los diferentes tratamientos como medias de tres años.

5.4.1. Nitrógeno.

Dos cortes.

Como se observa en la Tabla 51 la fibra bruta se incrementa de forma no significativa en Junio con la adición de nitrógeno; N1 y N2 tienen un valor próximo que se reduce posteriormente en N3. También en Septiembre aumenta con N1 para mermar después con N2 y N3. En la producción total no se advierten diferencias significativas, pero se nota una fuerte ascenso (64%) desde el testigo a N1 (2.667 kg FB ha⁻¹), permanece casi constante con N2 y baja con N3.

Tabla 51.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO y la frecuencia de corte sobre la producción de fibra bruta (kg MS ha⁻¹).

| | DOSIS DE NITRÓGENO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|-----------------------|--|--------|--------|---------|------|--------|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | | |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 1.245 | 2.048 | 2.048 | 1.850 | *** | 883 |
| Septiembre | 381 | 619 | 555 | 513 | * | 249 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 933a | 1.349b | 1.438b | 1.107ab | ** | 338 |
| Julio | 280 | 306 | 326 | 337 | NS | 100 |
| Septiembre | 218 | 264 | 213 | 266 | NS | 115 |
| Total (2C) | 1.626 | 2.667 | 2.603 | 2.363 | NS | 1.049 |
| Total (3C) | 1.431a | 2.009b | 1.977b | 1.710ab | * | 502 |
| DIFERENCIA (%) | -12,0 | 24,7 | 24,0 | -27,6 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Tres cortes.

En el primero se repite el mismo fenómeno que en Junio con dos aprovechamientos, sólo que aquí hay diferencias significativas, con aumento de fibra bruta en N1 y N2 y una disminución en N3. En Julio y Septiembre no se contemplan diferencias significativas y las variaciones son pequeñas. Referente a la producción total, podemos apreciar que se consigue, al igual que en dos cortes, una subida desde el testigo a N1 y posterior descenso hasta N3. Las diferencias significativas se establecen entre el testigo con N1 y N2.

Comparación dos/tres cortes.

Una intensificación en el número de aprovechamientos favorece, claramente, la disminución en la producción de fibra bruta en unos porcentajes bastante constantes, que van desde 12,0% en el testigo a 27,6% con 120 kg N. En cualquier caso cabe señalar que todos los tratamientos están por encima del testigo, aunque en tres cortes los incrementos respecto al mismo son mucho menores que en el caso de dos.

5.4.2. Fósforo.**Dos cortes.**

Como se advierte en la Tabla 52 se consigue, en el corte de Junio, una elevación paulatina, aunque no significativa, desde el testigo hasta 240 kg P. En Septiembre hay pocas diferencias entre los tratamientos con fósforo, pero sí de éstos con respecto al testigo. La suma de ambos presenta significación en P2 y P3 en comparación con el testigo.

Tabla 52.- Efecto de las dosis de FÓSFORO y la frecuencia de corte sobre la producción de fibra bruta (kg MS ha⁻¹).

| | DOSIS DE FÓSFORO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|-----------------------|--|---------|---------|--------|------|--------|
| | 0 | 80 | 160 | 240 | | |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 1.245 | 1.753 | 1.850 | 1.920 | NS | 882 |
| Septiembre | 381a | 705b | 740b | 700b | * | 298 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 933a | 1.325ab | 1.608ab | 2.259b | * | 1.055 |
| Julio | 280 | 393 | 462 | 457 | NS | 240 |
| Septiembre | 218a | 405b | 481b | 458b | ** | 166 |
| Total (2C) | 1.626a | 2.458ab | 2.590b | 2.620b | * | 880 |
| Total (3C) | 1.431a | 2.123ab | 2.551b | 3.174b | ** | 1.078 |
| DIFERENCIA (%) | -12,0 | -13,6 | -1,5 | 21,1 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Tres cortes.

En el de Junio se logra un aumento sustancial de fibra bruta, con diferencias significativas entre el testigo y P3. En el resto de los aprovechamientos las diferencias son pequeñas, aunque significativas en el último (Septiembre). En la producción total también se contempla una subida notable de la fibra bruta al adicionar fósforo, con diferencias significativas del testigo con P2 y P3; en éste último tratamiento se alcanza un rendimiento elevado (3.174 kg FB ha⁻¹) que supone un incremento de 122% respecto al testigo.

Comparación dos/tres cortes.

La acción conjunta del fósforo con la frecuencia de siega aumenta de forma destacada la producción de fibra bruta con 240 kg P en tres cortes, mientras que origina unas diferencias negativas en el testigo y primeras dosis de fósforo.

5.4.3. Potasio.

Dos cortes.

Como se aprecia en la Tabla 53, ni en Junio ni en Septiembre ni en la suma de ambos se aprecian diferencias significativas con respecto a la fibra bruta. En el total se origina un crecimiento con K1, que se mantiene en K2 y se incrementa con K3 (2.433 kg FB ha⁻¹); en cualquier caso todos los valores encontrados son superiores al testigo.

Tres cortes.

Tampoco se advierten diferencias significativas en ninguno de los cortes; sin embargo, en al suma de ellos, se consigue un incremento significativo en K1; las producciones de K2 y K3 son inferiores, si bien superan al testigo.

Comparación dos/tres cortes.

Así como en dos cortes se advierte una tendencia a acrecentarse la producción de fibra bruta, con tres se aprecia un descenso progresivo con la adición de potasio. Esto hace que con 60 kg K los valores son semejantes en ambas frecuencias, mientras disminuye con 120 kg K en 14,3% y 30,2% con 180 kg K.

Tabla 53.- Efecto de las dosis de POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de fibra bruta (kg MS ha⁻¹).

| | DOSIS DE POTASIO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|-----------------------|--|--------|---------|---------|------|--------|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | | |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 1.245 | 1.477 | 1.460 | 1.822 | NS | 909 |
| Septiembre | 381 | 582 | 615 | 611 | NS | 331 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 933 | 1.383 | 1.225 | 1.085 | NS | 495 |
| Julio | 280 | 365 | 309 | 327 | NS | 209 |
| Septiembre | 218 | 316 | 245 | 287 | NS | 148 |
| Total (2C) | 1.626 | 2.059 | 2.075 | 2.433 | NS | 1.051 |
| Total (3C) | 1.431a | 2.064b | 1.779ab | 1.699ab | * | 606 |
| DIFERENCIA (%) | -12,0 | 0,2 | -14,3 | -30,2 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

5.4.4. Nitrógeno-Fósforo.

Dos cortes.

El primer corte apenas advierte diferencias entre los tratamientos nitro-fosfatados, aunque son significativas con respecto al testigo (Tabla 54). En Septiembre se observa un ligero incremento al aumentar las dosis, estableciéndose diferencias significativas con las altas. En la producción total hay una igualdad entre N1P1 y N2P2, con una elevación en N3P3 (3.146 kg FB ha⁻¹).

Tres cortes.

En Junio y con la primera dosis se advierte una subida muy fuerte en la producción de fibra bruta, para luego mantenerse bastante uniforme en el resto de los tratamientos, con diferencias significativas en relación al testigo; las de Julio son muy similares y en Septiembre hay pequeñas oscilaciones, que en N1P1 resultan significativas. En la suma total se observa un ascenso brusco en la primera dosis que se mantiene en la segunda, descendiendo ligeramente en la tercera, estableciéndose diferencias significativas con el testigo.

Comparación dos/tres cortes.

Apenas se producen diferencias entre ambos sistemas ya que sólo en N3P3 se produce una depresión, en tres cortes, de un 10,6%. Por el contrario con N1P1 y N2P2 se observan subidas casi imperceptibles.

Tabla 54.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO-POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de fibra bruta (kg MS ha⁻¹).

| ÉPOCA DE CORTE | DOSIS DE NITRÓGENO-FÓSFORO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|-----------------------|--|--------|---------|---------|------|--------|
| | 0-0 | 60-80 | 120-160 | 180-240 | | |
| Junio | 1.245a | 2.345b | 2.245ab | 2.392b | * | 1.040 |
| Septiembre | 381a | 649ab | 718b | 754b | * | 328 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 933a | 2.247b | 2.425b | 2.141b | *** | 752 |
| Julio | 280 | 391 | 298 | 363 | NS | 192 |
| Septiembre | 218a | 398b | 297ab | 309ab | * | 162 |
| Total (2C) | 1.626a | 2.994b | 2.963b | 3.146b | * | 1.237 |
| Total (3C) | 1.431a | 3.036b | 3.020b | 2.813b | ** | 928 |
| DIFERENCIA (%) | -12,0 | 1,4 | 1,9 | -10,6 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

5.4.5. Nitrógeno-Potasio.

Dos cortes.

Se aprecia en Junio un incremento de fibra bruta, aunque sólo hay diferencias significativas con N3K3 (Tabla 55). Por el contrario en Septiembre hay un descenso, muy suave desde la primera dosis, y que no alcanza significación. La producción total sigue una línea ascendente, igual que en Junio, aunque sólo N3K3, con 3.040 kg FB ha⁻¹, alcanza significación estadística.

Tabla 55.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO- POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de fibra bruta (kg MS ha⁻¹).

| DOSIS DE NITRÓGENO-POTASIO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | | | |
|--|--------|---------|---------|---------|------|--------|
| | 0-0 | 60-60 | 120-120 | 180-180 | SIG. | M.D.S. |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 1.245a | 1.714ab | 1.981ab | 2.465b | * | 1.174 |
| Septiembre | 381 | 643 | 583 | 575 | NS | 271 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 933a | 1.582ab | 1.316ab | 1.671b | * | 698 |
| Julio | 280 | 273 | 366 | 410 | NS | 175 |
| Septiembre | 218ab | 297a | 162b | 306a | * | 116 |
| Total (2C) | 1.626a | 2.357ab | 2.564ab | 3.040b | * | 1.013 |
| Total (3C) | 1.431a | 2.152b | 1.844ab | 2.387b | ** | 667 |
| DIFERENCIA (%) | -12,0 | -8,7 | -28,1 | -21,5 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Tres cortes.

En el primero y tercero se advierte una semejanza entre los tratamientos con dosis baja y alta, con una depresión en el nivel medio, apreciándose diferencias significativas. En cambio en el segundo corte hay una subida lenta pero no significativa. En la producción total se logra el máximo con N3K3 (2.387 kg FB ha⁻¹), pero el crecimiento no es progresivo ya que se da una disminución en N2K2. Las diferencias significativas se establecen entre N1K1 y N3K3 con el testigo.

Comparación dos/tres cortes.

El abonado nitro-potásico produce una disminución de fibra bruta al pasar a tres cortes, siendo N2K2 (28,1%) y N3K3 (21,5%) los niveles más afectados.

5.4.6. Fósforo-Potasio.

Dos cortes.

Como se aprecia en la Tabla 56 en Junio hay un crecimiento, aunque no significativo, en la producción de fibra bruta con el abonado fosfo-potásico. Se logra un incremento en Septiembre hasta P2K2 con un descenso en P3K3, aunque las diferencias significativas sólo se presentan entre los dos primeros niveles y el testigo. En la suma total las únicas diferencias significativas, entre los diferentes niveles de PK, se manifiestan con el testigo.

Tres cortes.

Se consigue un desarrollo importante de la producción de fibra bruta con P1K1 que luego se mantiene constante en el resto de los tratamientos. En los aprovechamientos de Julio y Septiembre se obtiene el máximo con P3K3, aunque con una ligera depresión con P2K2. En la suma total también el valor más alto corresponde a P3K3 (3.348 kg FB ha⁻¹) lo que supone un incremento del 134% respecto al testigo, estableciéndose diferencias significativas con el mismo.

Comparación dos/tres cortes.

Con los niveles medios de fertilización fosfo-potásica los rendimientos se igualan en ambas frecuencias de corte, pero tanto con P1K1 (13,1%) como en P3K3 (24,4%) los tres cortes son superiores.

Tabla 56.- Efecto de las dosis de FÓSFORO-POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de fibra bruta (kg MS ha⁻¹).

| | DOSIS DE FÓSFORO-POTASIO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|-----------------------|--|--------|---------|---------|------|--------|
| | 0-0 | 80-60 | 160-120 | 240-180 | | |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 1.245 | 1.927 | 2.021 | 2.000 | NS | 888 |
| Septiembre | 381a | 786b | 828b | 691ab | ** | 345 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 933a | 2.052b | 1.921b | 2.124b | * | 829 |
| Julio | 280a | 556ab | 511ab | 586b | * | 283 |
| Septiembre | 218a | 461bc | 424b | 638c | *** | 186 |
| Total (2C) | 1.626a | 2.713b | 2.849b | 2.691b | * | 1.042 |
| Total (3C) | 1.431a | 3.069b | 2.861b | 3.348b | ** | 1.163 |
| DIFERENCIA (%) | -12,0 | 13,1 | 0,4 | 24,4 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

5.4.7. Nitrógeno-Fósforo-Potasio.

Dos cortes.

Como se observa en la Tabla 57 hay en Junio un aumento significativo de fibra bruta con la fertilización, aunque con escasas diferencias entre las dos primeras dosis. En Septiembre se origina una merma desde N1P1K1, que tiene el valor máximo y presenta significación. En relación a la producción total cabe señalar que, aunque la máxima se localiza con N3P3K3 (3.489 kg FB ha⁻¹), hay escasas diferencias entre tratamientos fertilizados, pero son sustanciales y significativas en comparación con el testigo.

Tres cortes.

En el de Junio se manifiesta un incremento muy notable de la producción de fibra bruta, estableciéndose diferencias significativas no sólo con el testigo sino también de N1P1K1 con N3P3K3. En el segundo corte son muy similares y en el tercero se advierte un crecimiento significativo en la dosis intermedia. La producción total mantiene una línea ascendente significativa que culmina en N3P3K3 con 3.826 kg FB ha⁻¹, cifra máxima de todo el ensayo y que supone un aumento del 167% respecto al testigo (1.431 kg FB ha⁻¹).

Tabla 57.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO-FÓSFORO-POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de fibra bruta (kg MS ha⁻¹).

| DOSIS DE NITRÓGENO-FÓSFORO-POTASIO kg ha⁻¹ año⁻¹ | | | | | | |
|---|--------|----------|-------------|-------------|------|--------|
| | 0-0-0 | 60-80-60 | 120-160-120 | 180-240-180 | SIG. | M.D.S. |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 1.245a | 2.426b | 2.379b | 2.809b | ** | 886 |
| Septiembre | 381a | 823b | 798ab | 680ab | * | 439 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 933a | 2.267b | 2.563bc | 3.007c | *** | 594 |
| Julio | 280 | 446 | 421 | 426 | NS | 253 |
| Septiembre | 218a | 437ab | 455b | 393ab | * | 230 |
| Total (2C) | 1.626a | 3.249b | 3.171b | 3.489b | ** | 1.204 |
| Total (3C) | 1.431a | 3.150b | 3.439b | 3.826b | *** | 748 |
| DIFERENCIA (%) | -12,0 | -3,0 | 8,4 | 9,6 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Comparación dos/tres cortes.

La fertilización nitro-fosfo-potásica origina unas diferencias poco marcadas entre ambas frecuencias de siega. Con N1P1K1 el efecto es ligeramente negativo (3,0%) en tres cortes, pasando posteriormente a ser positivo con N2P2K2 (8,4%) y N3P3K3 (9,6%).

5.4.8. Consideraciones generales.

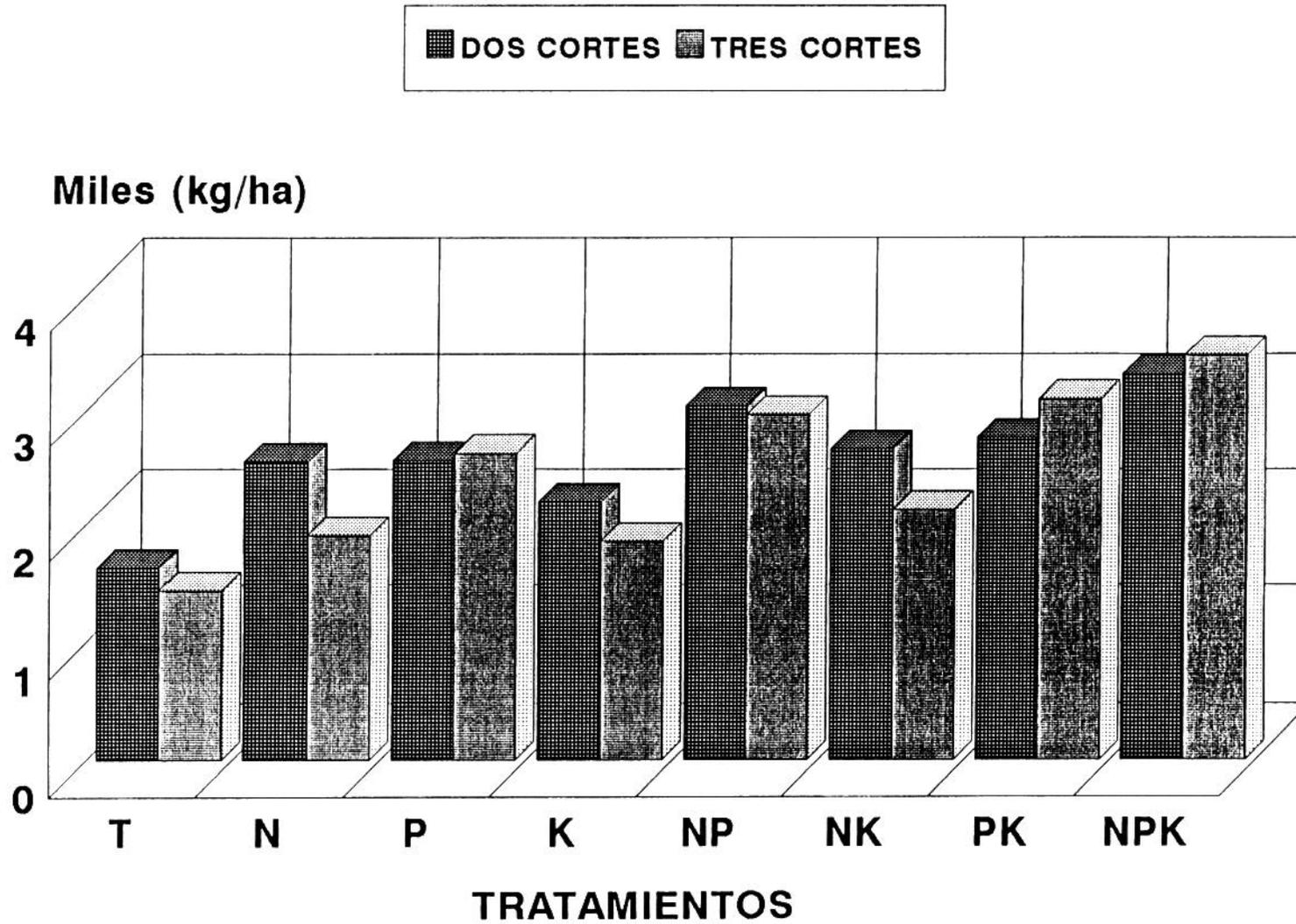
En la Tabla 58 se exponen las producciones generales de fibra bruta de los 22 tratamientos de fertilización estudiados, en las dos frecuencias de corte, así como la total en cada uno de los dos sistemas de aprovechamiento.

Refiriéndonos exclusivamente a las producciones totales de fibra bruta, obtenida por la suma de los distintos aprovechamientos, se puede apreciar que el mayor rendimiento, con dos cortes, se consigue en los tratamientos con NPK (N3P3K3, 3.489 kg FB ha⁻¹; N1P1K1, 3.249 kg FB ha⁻¹ y N2P2K2, 3.171 kg FB ha⁻¹), seguidos por N3P3 (3.146 kg FB ha⁻¹) y N3K3 (3.040 kg FB ha⁻¹) que superan en más de un 85% al testigo. Las más bajas, pero siempre por encima del testigo, se alcanzan en el potasio (2.059 kg FB ha⁻¹ con K1 y 2.075 kg FB ha⁻¹ con K2).

Tabla 58.- Influencia de la fertilizacion y frecuencia de corte sobre la produccion de fibra (kg ha⁻¹) (medias de tres años)

| N-P-K | DOS CORTES | | TRES CORTES | | | TOTAL | |
|--------------|------------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|
| | JUNIO | SEPT. | JUNIO | JULIO | SEPT. | 2 C. | 3 C. |
| 0-0-0 | 1.245 | 381 | 933 | 280 | 218 | 1.626 | 1.431 |
| 1-0-0 | 2.048 | 619 | 1.439 | 306 | 264 | 2.667 | 2.009 |
| 2-0-0 | 2.048 | 555 | 1.438 | 326 | 213 | 2.603 | 1.977 |
| 3-0-0 | 1.850 | 513 | 1.107 | 337 | 266 | 2.363 | 1.710 |
| 0-1-0 | 1.753 | 705 | 1.325 | 393 | 405 | 2.458 | 2.123 |
| 0-2-0 | 1.850 | 740 | 1.608 | 462 | 481 | 2.590 | 2.551 |
| 0-3-0 | 1.920 | 700 | 2.259 | 457 | 458 | 2.620 | 3.174 |
| 0-0-1 | 1.477 | 582 | 1.383 | 365 | 316 | 2.059 | 2.064 |
| 0-0-2 | 1.460 | 615 | 1.225 | 309 | 245 | 2.075 | 1.779 |
| 0-0-3 | 1.822 | 611 | 1.085 | 327 | 287 | 2.433 | 1.699 |
| 1-1-0 | 2.345 | 649 | 2.247 | 391 | 398 | 2.994 | 3.036 |
| 2-2-0 | 2.245 | 718 | 2.425 | 298 | 297 | 2.963 | 3.020 |
| 3-3-0 | 2.392 | 754 | 2.141 | 363 | 309 | 3.146 | 2.813 |
| 1-0-1 | 1.714 | 643 | 1.582 | 273 | 297 | 2.357 | 2.152 |
| 2-0-2 | 1.981 | 583 | 1.316 | 366 | 162 | 2.564 | 1.844 |
| 3-0-3 | 2.465 | 575 | 1.671 | 410 | 306 | 3.040 | 2.387 |
| 0-1-1 | 1.927 | 786 | 2.052 | 556 | 461 | 2.713 | 3.069 |
| 0-2-2 | 2.021 | 828 | 1.921 | 511 | 429 | 2.849 | 2.861 |
| 0-3-3 | 2.000 | 691 | 2.124 | 586 | 638 | 2.691 | 3.348 |
| 1-1-1 | 2.426 | 823 | 2.267 | 446 | 437 | 3.249 | 3.150 |
| 2-2-2 | 2.379 | 792 | 2.563 | 421 | 455 | 3.171 | 3.439 |
| 3-3-3 | 2.809 | 680 | 3.007 | 426 | 426 | 3.489 | 3.826 |

Figura 17.- Producción total de fibra bruta (comparación dos/tres cortes)



En el caso de tres aprovechamientos también la mayor cantidad se obtuvo con N3P3K3 (3.826 kg FB ha⁻¹), N2P2K2 (3.439 kg FB ha⁻¹) y P3K3 (3.348 kg FB ha⁻¹); otros valores muy elevados que superan en un 100% al testigo se ubican en P3 (3.174 kg FB ha⁻¹), N1P1K1 (3.150 kg FB ha⁻¹), P1K1 (3.069 kg FB ha⁻¹), N1P1 (3.036 kg FB ha⁻¹) y N2P2 (3.020 kg FB ha⁻¹). Los más bajos se dan con K3 (1.699 kg FB ha⁻¹) y N3 (1.710 kg FB ha⁻¹).

En la Figura 17 se representan las producciones totales medias de fibra bruta (kg ha⁻¹) de los ocho tratamientos simplificados (Testigo, N, P, K, NP, NK, PK y NPK) en las dos frecuencias de siega.

En ella se aprecia que la máxima con dos cortes se sitúa en NPK (3.303 kg FB ha⁻¹) que representa un incremento del 103% con relación al testigo; otras producciones elevadas se consiguen con NP (3.034 kg FB ha⁻¹), PK (2.751 kg FB ha⁻¹) y NK (2.654 kg FB ha⁻¹); la más baja con K (2.189 kg FB).

Respecto a tres cortes el rendimiento máximo corresponde a NPK (3.472 kg FB ha⁻¹), que supera al testigo en un 143%, seguido de PK (3.093 kg FB ha⁻¹), NP (2.956 kg FB ha⁻¹) y P (2.616 kg FB ha⁻¹). De nuevo el potasio ocupa la posición más baja con 1.847 kg FB ha⁻¹. En cualquier caso, todos los tratamientos aventajaron al testigo.

La intensificación del número de siegas trae como consecuencia un aumento poco importante de la producción total de fibra bruta en tres cortes con PK (12,4%), NPK (5,1%) y P (2,3%). Esto es debido, sin duda, al aumento de la biomasa total de hierba (kg MS ha⁻¹) que ha tenido lugar en esos tratamientos y, por consiguiente, en la fibra bruta.

Por el contrario, con tres cortes disminuyó la producción de fibra bruta con N (25,5%, $\hat{\sigma}=0,01$), NK (19,8%, $\hat{\sigma}=0,05$), K (15,6%) y en menor medida con NP (2,6%). Esto se debe a la misma razón anterior, ya que estos tratamientos fueron los que mostraron una menor respuesta en la producción total de hierba con el sistema de tres aprovechamientos.

5.4.9. Recapitulación.

A medida que se aumenta la fertilización mineral se elevan de forma ligera los porcentajes de fibra bruta y, más acusadamente, las producciones en relación al testigo, que presenta siempre el valor más bajo. Sin embargo, en ambas frecuencias de corte, los aprovechamientos de verano-otoño tienen niveles más bajos de fibra bruta que los correspondientes a primavera; éstas diferencias son más acentuadas con tres aprovechamientos.

Respecto a la producción total destacan las elevadas cantidades alcanzadas en dos cortes por los fertilizantes nitro-fosfo-potásicos que incrementaron los rendimientos de fibra bruta entre un 95 y 115% en comparación con el testigo. Con tres aprovechamientos los aumentos son más tangibles, siendo máximos con 240-180 kg PK (134%), 120-160-120 kg NPK (140%) y 180-240-

180 kg NPK (167%). Por el contrario las producciones más bajas corresponden al abonado potásico en ambas frecuencias de corte.

El abonado fosfo-potásico mantiene unos niveles medios de fibra bruta en dos cortes, pero altos en tres, como consecuencia de las elevadas producciones de hierba que se consiguen con éstas combinaciones.

Con la intensificación en los aprovechamientos se provoca una disminución apreciable de la producción de fibra bruta con el abonado nitrogenado, potásico y nitro-potásico. Por el contrario los incrementos más acusados se consiguen en tres cortes con los niveles altos de fertilizante fosfatado y fosfo-potásico; en ninguno de los tratamientos se aprecian diferencias significativas.

6. VALOR NUTRITIVO.

6.1. Variación en el valor nutritivo de la hierba (UFL/kg MS).

En las Tabla 59 se presenta el valor nutritivo de la hierba (UFL/kg MS) de los 22 tratamientos estudiados, con dos frecuencias de corte.

En el de Junio del sistema con dos aprovechamientos hay que destacar la escasa diferencia existente entre los distintos tratamientos; N3 (0,78 UFL), N3P3 (0,77 UFL) y P2K2 (0,75 UFL) son los que tuvieron el valor más elevado y los únicos capaces de superar o igualar al testigo (0,75 UFL). Por el contrario el nivel más bajo se produjo con K3 (0,70 UFL) y N1P1 (0,71 UFL).

En el corte de Septiembre las diferencias entre tratamientos son algo más elevadas, así como los valores absolutos, alcanzando las cifras más altas en el testigo (0,87 UFL), K3 (0,87 UFL), P3 (0,86 UFL) y P1K1 (0,86 UFL). Los más bajos se consiguieron con N3P3 y N3P3K3 (0,79 UFL).

En el caso de tres aprovechamientos tampoco existen diferencias muy notables entre tratamientos en el corte de Junio; el valor más elevado lo ocupa ahora P3K3 (0,80 UFL) seguido por N3, N2K2 y N3K3 todos con el mismo contenido (0,76 UFL). En en lugar más bajo se sitúan K1, K2, N1K1, y P1K1 (0,72 UFL). En este corte el testigo ocupa un lugar medio (0,73 UFL).

En el corte de Julio el valor nutritivo más elevado también se consigue con P3K3 (0,94 UFL) y P3 (0,93 UFL); en el extremo contrario se sitúan N3P3 (0,85 UFL) y N2K2 (0,86 UFL). El testigo ocupa una situación elevada (0,90 UFL).

En el corte de finales de verano (Septiembre) el testigo (0,93 UFL) vuelve a tener protagonismo ocupando el primer lugar junto con P3 (0,93 UFL), seguidos de K1, P1K1 y N1P1K1 (0,92 UFL). En los últimos lugares se localizan N3P3 y N3P3K3 (0,86 UFL).

CARPINTERO y SUAREZ (1977a) estudiando el valor nutritivo, expresado en TDN (Nutrientes Digestibles Totales) de diferentes prados en el corte de primavera, obtienen cifras

más altas en las parcelas no abonadas que en las fertilizadas con NPK, aunque las diferencias no fueron significativas.

Tabla 59.- Influencia de la fertilización y frecuencia de corte sobre el valor nutritivo de la hierba (UFL/kg Ms) (medias de tres años)

| N-P-K | DOS CORTES | | TRES CORTES | | |
|-------|------------|-------|-------------|-------|-------|
| | JUNIO | SEPT. | JUNIO | JULIO | SEPT. |
| 0-0-0 | 0,75 | 0,87 | 0,73 | 0,90 | 0,93 |
| 1-0-0 | 0,72 | 0,83 | 0,74 | 0,88 | 0,91 |
| 2-0-0 | 0,73 | 0,82 | 0,76 | 0,89 | 0,88 |
| 3-0-0 | 0,78 | 0,82 | 0,77 | 0,91 | 0,88 |
| 0-1-0 | 0,72 | 0,84 | 0,76 | 0,92 | 0,91 |
| 0-2-0 | 0,73 | 0,85 | 0,75 | 0,90 | 0,91 |
| 0-3-0 | 0,74 | 0,86 | 0,72 | 0,93 | 0,93 |
| 0-0-1 | 0,72 | 0,84 | 0,72 | 0,91 | 0,92 |
| 0-0-2 | 0,73 | 0,81 | 0,72 | 0,89 | 0,91 |
| 0-0-3 | 0,70 | 0,87 | 0,74 | 0,89 | 0,89 |
| 1-1-0 | 0,71 | 0,83 | 0,73 | 0,90 | 0,90 |
| 2-2-0 | 0,74 | 0,80 | 0,73 | 0,91 | 0,89 |
| 3-3-0 | 0,77 | 0,79 | 0,76 | 0,85 | 0,86 |
| 1-0-1 | 0,74 | 0,82 | 0,72 | 0,89 | 0,91 |
| 2-0-2 | 0,72 | 0,81 | 0,77 | 0,86 | 0,90 |
| 3-0-3 | 0,74 | 0,83 | 0,77 | 0,91 | 0,88 |
| 0-1-1 | 0,72 | 0,86 | 0,72 | 0,91 | 0,92 |
| 0-2-2 | 0,75 | 0,84 | 0,75 | 0,91 | 0,91 |
| 0-3-3 | 0,73 | 0,85 | 0,80 | 0,94 | 0,90 |
| 1-1-1 | 0,72 | 0,82 | 0,73 | 0,91 | 0,92 |
| 2-2-2 | 0,73 | 0,80 | 0,73 | 0,89 | 0,87 |
| 3-3-3 | 0,74 | 0,79 | 0,73 | 0,89 | 0,86 |

FERRER *et al.* (1990) encuentran una cifra de 0,62 UF en el primer aprovechamiento; 0,73 UF en el segundo y 0,85 UF/kg MS en el tercero, aunque generalmente éste último se aprovecha por pastoreo.

RAMON y JOURDAN (1986) con una fertilización 180-150-240 kg NPK ha⁻¹, señalan una media de 0,70 UFL/kg MS en un prado permanente, pero varía en función de los cortes: 0,60 a 0,65 UFL en el primero; 0,70 a 0,75 UFL en el segundo y 0,75 a 0,80 UFL/kg MS en el tercero. Nuestros valores son ligeramente superiores en todos los cortes, ya que oscilan entre 0,72 y 0,80 en el primero; 0,85 y 0,94 en el segundo y de 0,86 a 0,93 UFL/kg MS en el tercero. En ambos ensayos se observa un incremento en los cortes de verano.

GRANDI *et al.* (1989) señalan un valor nutritivo medio de los prados de 0,70 UF/kg MS y en otro ensayo (GRANDI y CAGIOTTI, 1.987) de 0,67 UF/kg MS de media, aunque varía desde 0,78 UF a primeros de Junio hasta 0,58 UF/kg MS en Octubre. ANDRIEU y DEMARQUILLY (1987) encuentran, en diferentes prados, unos valores medios de 0,68 UF/kg MS.

Por su parte DEMARQUILLY (1970) obtiene un ligero incremento (UF/kg MS) al pasar del segundo (0,70 UF) al tercer ciclo (0,72 UF) con 40 kg N ha⁻¹; así como al aumentar el abonado nitrogenado en una pradera permanente hasta 120 kg N (0,72 y 0,77 UF/kg MS respectivamente).

GIOVANNI (1990) ha calculado el poder nutritivo del trébol blanco, bien solo o asociado a diferentes gramíneas (*Lolium perenne*, *Dactylis glomerata* y *Festuca pratensis*). El trébol blanco tiene un valor energético elevado y poco variable que se mantiene siempre próximo a 1 UFL/kg MS. Por el contrario las gramíneas estudiadas tienen un valor energético más bajo y variable en función del estado vegetativo de la hierba. Señala que existe una fuerte relación entre el porcentaje de trébol blanco y la calidad nutritiva de la hierba; así, con un 50% de trébol blanco en la mezcla, el valor energético varía de 0,92 a 1,04 UFL/kg MS, mientras que con un 30% de trébol blanco disminuye a 0,85 UFL/kg MS.

Con dos aprovechamientos nuestras cifras medias (en torno a 0,73 UFL/kg MS) son superiores a las previsiones que hace en sus tablas JARRIGE (1981) para los prados naturales de montaña en función del estado vegetativo de la hierba, cuando ésta se recoge en floración (0,65 UFL). Por el contrario en el segundo ciclo nuestros datos (0,83 UFL de media) son ligeramente inferiores a los señalados por éste autor (0,89 UFL).

Con tres aprovechamientos las cifras obtenidas en éste ensayo, en el primer corte de primavera (en torno a 0,74 UFL/kg MS), están de acuerdo con las predicciones del valor nutritivo que hace JARRIGE (1981) ya que en éste caso se sitúan entre el "principio de espigado" (0,89 UFL) y la floración (0,65 UFL). Sin embargo, en el segundo y tercer aprovechamiento, nuestros datos (alrededor de 0,90 UFL/kg MS) son ligeramente superiores a los señalados en dicha tabla (0,89 y 0,87 UFL/kg MS en el segundo y tercer ciclo respectivamente).

6.2. Variación en la producción de Unidades Nutritivas (UFL ha⁻¹).

En las Tablas 60, 61, 62, 63, 64, 65.y 66 se exponen de forma detallada la producción de UFL ha⁻¹, con dos frecuencias de siega (dos y tres aprovechamientos).

6.2.1. Nitrógeno.

Dos cortes.

En Junio se advierten pocas diferencias entre los distintos niveles del fertilizante; por el contrario son sustanciales y significativas con respecto al testigo (Tabla 60). En Septiembre la cantidad de UFL ha⁻¹ desciende lentamente con la adición de nitrógeno desde N1 a N3, aunque de forma no significativa; cabe señalar que la dosis N3 tiene un valor ligeramente inferior al testigo. En la producción total no hay diferencias significativas y son bastante similares en todos los tratamientos con nitrógeno.

Tabla 60.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO y la frecuencia de corte sobre la producción de UFL ha⁻¹).

| | DOSIS DE NITRÓGENO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|-----------------------|--|---------|---------|---------|------|--------|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | | |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 3.756a | 5.371b | 5.086b | 5.547b | * | 1.313 |
| Septiembre | 1.907 | 2.286 | 2.219 | 1.891 | NS | 930 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 2.559a | 3.783b | 3.792b | 3.067ab | ** | 902 |
| Julio | 1.328 | 1.352 | 1.463 | 1.583 | NS | 592 |
| Septiembre | 1.331a | 1.262ab | 920b | 1.192ab | * | 382 |
| Total (2C) | 5.663 | 7.657 | 7.305 | 7.438 | NS | 2.017 |
| Total (3C) | 5.218a | 6.397b | 6.175ab | 5.842ab | * | 1.157 |
| DIFERENCIA (%) | -7,8 | -16,4 | -15,5 | -21,3 | | |
| SIG. | NS | * | NS | * | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Tres cortes.

En Junio hay una igualdad entre N1 y N2 con diferencias significativas respecto al testigo, teniendo N3 una producción inferior a las anteriores. El corte de Julio muestra un ligero crecimiento, aunque no significativo, con el incremento de nitrógeno. Por otra parte hay que señalar que en Septiembre todos los tratamientos están por debajo del testigo, con diferencias significativas en la dosis menos efectiva. En lo que compete a la producción total se aprecia un ligero descenso, siendo N1 significativo respecto al testigo.

Comparación dos/tres cortes.

En todos los tratamientos el efecto del nitrógeno fue perjudicial o negativo para la producción de UFL ha⁻¹ con el paso a tres siegas. En el caso de N1 (-16,4%) y N3 (-21,3%) las diferencias fueron significativas.

6.2.2. Fósforo.

Dos cortes.

Como se observa en la Tabla 61 tanto en Junio como en Septiembre hay aumentos ligeros de producción de UFL ha⁻¹, aunque sin significación. En la suma total se originan diferencias significativas entre P2 y P3 con relación al testigo.

Tres cortes.

En Junio se consiguen incrementos más notables que en los casos anteriores, si bien únicamente con 240 kg P se logra significación. En los cortes de Julio y Septiembre hay ligeros aumentos aunque solamente, en este último corte, se produce significación de P2 y P3 con el testigo. También en la producción total se observan ascensos notables y significativos con P2 y sobre todo con P3 (9.639 UFL ha⁻¹).

Comparación dos/tres cortes.

A medida que se elevan las dosis de fósforo el efecto de los tres cortes se va haciendo cada vez más positivo, aumentando la producción de UFL ha⁻¹. Con P1 el incremento es de 6,9% y de 10,4% en P2, alcanzando un 20,5% con 240 kg P.

Tabla 61.- Efecto de las dosis de FÓSFORO y la frecuencia de corte sobre la producción de UFL ha⁻¹).

| | DOSIS DE FÓSFORO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|-----------------------|--|---------|---------|--------|------|--------|
| | 0 | 80 | 160 | 240 | | |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 3.756 | 4.299 | 4.897 | 5.176 | NS | 1.746 |
| Septiembre | 1.907 | 2.685 | 2.883 | 2.823 | NS | 1.036 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 2.559a | 3.602ab | 4.343ab | 5.208b | * | 2.042 |
| Julio | 1.328 | 1.975 | 1.931 | 2.111 | NS | 1.373 |
| Septiembre | 1.331a | 1.887ab | 2.319b | 2.320b | * | 931 |
| Total (2C) | 5.663a | 6.984ab | 7.780b | 7.999b | * | 1.889 |
| Total (3C) | 5.218a | 7.464ab | 8.593b | 9.639b | * | 3.314 |
| DIFERENCIA (%) | -7,8 | 6,9 | 10,4 | 20,5 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

6.2.3. Potasio.

Dos cortes.

En la Tabla 62 no se advierten diferencias significativas en ninguno de los cortes ni en el total, aunque si se aprecia una igualdad entre los tratamientos K1 y K2 con un máximo en K3 (7.155 UFL ha⁻¹).

Tres cortes.

Sólo se observan diferencias significativas en el primer corte y en el total. En ambos casos únicamente K1, que es la dosis más productiva, alcanza significación con el testigo.

Comparación dos/tres cortes.

El efecto combinado de la fertilización potásica y la mayor intensificación en los aprovechamientos tiene un efecto depresivo sobre la producción de unidades nutritivas. En tres cortes únicamente K1 tiene un efecto ligeramente positivo (8,1%), mientras que en K2 (10,5%) y K3 (18,4%) es negativo.

Tabla 62.- Efecto de las dosis de POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de UFL ha⁻¹).

| | DOSIS DE POTASIO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|-----------------------|--|--------|---------|---------|------|--------|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | | |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 3.756 | 4.026 | 4.118 | 4.370 | ns | 1.481 |
| Septiembre | 1.907 | 2.314 | 2.275 | 2.785 | NS | 1.100 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 2.559a | 3.456b | 3.040ab | 2.993ab | * | 688 |
| Julio | 1.328 | 1.683 | 1.396 | 1.478 | NS | 752 |
| Septiembre | 1.331 | 1.713 | 1.286 | 1.366 | NS | 641 |
| Total (2C) | 5.663 | 6.340 | 6.393 | 7.155 | NS | 1.684 |
| Total (3C) | 5.218a | 6.852b | 5.722ab | 5.837ab | * | 1.533 |
| DIFERENCIA (%) | -7,8 | 8,1 | -10,5 | -18,4 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

6.2.4. Nitrógeno-Fósforo.

Dos cortes.

Se consigue en Junio un incremento sustancial de las UFL ha⁻¹ con el abonado nitro-fosfórico con diferencias significativas respecto al testigo (Tabla 63); por el contrario en Septiembre son muy similares. La producción total sigue la misma línea ascendente que en Junio, con diferencias significativas con el testigo, lográndose el máximo con N3P3 (9.054 UFL ha⁻¹)

Tres cortes.

En Junio hay una fuerte subida de la producción de UFL, duplicando los valores del testigo, con un máximo en N2P2. Por el contrario en Julio y Septiembre el incremento se consigue con la primera dosis, a partir de la cual sufren una reducción. En la total se consigue el efecto contrario al observado en dos cortes, una disminución de UFL ha⁻¹ con los niveles crecientes de NP, siendo el N1P1 el más efectivo (9.225 UFL ha⁻¹).

Tabla 63.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO-FÓSFORO y la frecuencia de corte sobre la producción de UFL ha⁻¹).

| DOSIS DE NITRÓGENO-FÓSFORO kg ha⁻¹ año⁻¹ | | | | | | |
|---|--------|--------|---------|---------|------|--------|
| | 0-0 | 60-80 | 120-160 | 180-240 | SIG. | M.D.S. |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 3.756a | 5.707b | 6.144b | 6.723b | *** | 1.413 |
| Septiembre | 1.907 | 2.423 | 2.363 | 2.331 | NS | 806 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 2.559a | 5.539b | 5.914b | 5.745b | *** | 1.771 |
| Julio | 1.328 | 1.813 | 1.517 | 1.343 | NS | 917 |
| Septiembre | 1.331a | 1.873b | 1.373a | 1.297a | * | 498 |
| Total (2C) | 5.663 | 8.130b | 8.507b | 9.054b | ** | 2.035 |
| Total (3C) | 5.218a | 9.225b | 8.804b | 8.385b | * | 2.874 |
| DIFERENCIA (%) | -7,8 | 13,5 | 3,5 | -7,4 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Comparación dos/tres cortes.

A medida que se incrementan las dosis de fertilizantes nitro-fosfóricos la producción de UFL en tres cortes va perdiendo importancia e incluso se hace negativa con N3P3 (7,4%). La diferencia entre ambas frecuencias es favorable a tres cortes con N1P1 (13,5%) y N2P2 (3,5%).

6.2.5. Nitrógeno-Potasio.

Dos cortes.

Se observa en la Tabla 64 un incremento de las UFL ha⁻¹ en Junio, aunque sólo con N3K3 se alcanzó significación; en Septiembre apenas se notan variaciones. En la producción total se observa una igualdad entre N1K1 y N2K2 con subida significativa en N3K3 (8.551 UFL ha⁻¹).

Tres cortes.

Se establecen diferencias significativas en Junio entre el testigo y el resto de los tratamientos. En el último corte se produce una depresión en N2K2, manifestándose significación de éste tratamiento con N1K1 y N3K3. La producción total tiene su máximo en N3K3 con 7.926 UFL ha⁻¹, originándose diferencias significativas entre ésta dosis con el testigo y N2K2.

Comparación dos/tres cortes.

Con tres cortes, en todos los tratamientos nitro-potásicos, se provoca una merma de UFL ha⁻¹, siendo máxima con N2K2 (-13,4%), aunque en ningún caso las diferencias fueron significativas.

Tabla 64.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO-POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de UFL ha⁻¹).

| DOSIS DE NITRÓGENO-POTASIO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|------|--------|
| | 0-0 | 60-60 | 120-120 | 180-180 | SIG. | M.D.S. |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 3.756a | 4.836ab | 4.922ab | 6.068b | * | 2.169 |
| Septiembre | 1.907 | 2.324 | 2.170 | 2.483 | NS | 923 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 2.559a | 3.809b | 3.632b | 4.581b | *** | 972 |
| Julio | 1.328 | 1.255 | 1.643 | 1.939 | NS | 890 |
| Septiembre | 1.331ab | 1.414a | 869b | 1.406a | * | 531 |
| Total (2C) | 5.663a | 7.160ab | 7.092ab | 8.551b | NS | 2.284 |
| Total (3C) | 5.218a | 6.478ac | 6.144a | 7.926bc | ** | 1.732 |
| DIFERENCIA (%) | -7,8 | -9,5 | -13,4 | -7,3 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

6.2.6. Fósforo-Potasio.

Dos cortes.

Como se observa en la Tabla 65 en el primer corte hay un incremento significativo de UFL ha⁻¹ que se estabiliza en P2K2 y P3K3, con diferencias significativas respecto al testigo. Por el contrario en Septiembre, el equilibrio se mantiene en P1K1 y P2K2 con una disminución en P3K3.

La producción total presenta un máximo en P2K2 (8.476 UFL ha⁻¹) con diferencias significativas entre ésta dosis, junto a P3K3, con el testigo. Cabe señalar que el incremento desde el testigo a P1K1 fue de 37,8% y de un 49,6% con respecto a la más alta (P2K2).

Tabla 65.- Efecto de las dosis de FOSFORO-POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de UFL ha⁻¹).

| ÉPOCA DE CORTE | DOSIS DE FÓSFORO-POTASIO kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | | | | SIG. | M.D.S. |
|-----------------------|--|---------|---------|---------|------|--------|
| | 0-0 | 80-60 | 160-120 | 240-180 | | |
| Junio | 3.756a | 4.883ab | 5.494b | 5.435b | * | 1.288 |
| Septiembre | 1.907a | 2.926b | 2.982b | 2.595ab | * | 862 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 2.559a | 4.928ab | 4.838ab | 6.158b | * | 2.874 |
| Julio | 1.328 | 2.338 | 2.259 | 2.653 | NS | 1.488 |
| Septiembre | 1.331a | 2.169b | 2.126b | 2.806b | ** | 786 |
| Total (2C) | 5.663a | 7.809ab | 8.476b | 8.030b | * | 2.241 |
| Total (3C) | 5.218a | 9.435ab | 9.223ab | 11.617b | * | 4.684 |
| DIFERENCIA (%) | -7,8 | 20,8 | 8,8 | 44,7 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | * | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

Tres cortes.

En el corte de Junio sólo se encuentra significación con la dosis más alta (P3K3), mientras que en el de Septiembre se establece entre el testigo y todos los niveles fosfo-potásicos; la cuantía más elevada coincide con P3K3. En ambos cortes P1K1 y P2K2 tienen valores semejantes y se elevan sustancialmente en P3K3, siendo este fenómeno más acusado en Junio. En el aprovechamiento de Julio no se observan diferencias significativas.

Haciendo referencia a la producción total se advierte una fuerte elevación de la misma hasta P3K3, en que se consiguieron 11.617 UFL ha⁻¹, con diferencias significativas con el testigo. Los incrementos porcentuales respecto a éste último fueron muy superiores a los señalados para dos cortes; así, las UFL ha⁻¹ conseguidas en P1K1 aumentaron un 80,8% y 122,6% en P3K3.

Comparación dos/tres cortes.

En todos los tratamientos con fertilizantes fosfo-potásico los tres cortes han ocasionado un incremento sustancial de UFL ha⁻¹, sobre todo con 240-180 kg PK (44,7%), en el que se obtuvieron diferencias significativas.

6.2.7. Nitrógeno-Fósforo-Potasio.

Dos cortes.

Tal como se aprecia en la Tabla 66 en Junio se consigue un incremento significativo de UFL ha⁻¹ hasta N3P3K3, estableciéndose una igualdad entre N1P1K1 y N2P2K2. Por el contrario en Septiembre hay una disminución al aumentar las dosis de NPK, siendo N3P3K3 el menos provechosos, si bien con valores superiores al testigo. Respecto a la producción total todos los tratamientos presentaron diferencias significativas con el testigo, pero con escasas diferencias entre los niveles de NPK.

Tres cortes.

Se observa en Junio una elevación significativa de UFL ha⁻¹ con el abonado NPK. Sin embargo en Septiembre se advierte el efecto contrario, como en dos cortes, una pérdida en la producción de UFL ha⁻¹ a medida que se elevan los niveles de NPK. En el corte de Julio, como ocurría con la fertilización fosfo-potásica, no se aprecian diferencias significativas y hay una igualdad entre los diferentes tratamientos. Referente a los rendimientos totales se observa una subida clara y significativa con la fertilización desde el testigo a N3P3K3, en el que se alcanza el máximo (10.142 UFL ha⁻¹).

Tabla 66.- Efecto de las dosis de NITRÓGENO-FÓSFORO-POTASIO y la frecuencia de corte sobre la producción de UFL ha⁻¹).

| DOSIS DE NITRÓGENO-FÓSFORO-POTASIO kg ha⁻¹ año⁻¹ | | | | | | |
|---|--------|----------|-------------|-------------|------|--------|
| | 0-0-0 | 60-80-60 | 120-160-120 | 180-240-180 | SIG. | M.D.S. |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 3.756a | 6.326b | 5.086b | 6.296b | *** | 1.662 |
| Septiembre | 1.907a | 2.866b | 2.219 | 2.592ab | * | 899 |
| ÉPOCA DE CORTE | | | | | | |
| Junio | 2.559a | 5.554b | 3.792b | 6.067b | *** | 1.643 |
| Julio | 1.328 | 1.863 | 1.463 | 1.804 | NS | 1.084 |
| Septiembre | 1.331a | 2.081b | 920b | 1.915ab | * | 660 |
| Total (2C) | 5.663 | 9.192b | 7.305 | 8.888b | *** | 1.948 |
| Total (3C) | 5.218a | 9.498b | 6.175ab | 9.786b | ** | 3.491 |
| DIFERENCIA (%) | -7,8 | 3,3 | -15,5 | 10,1 | | |
| SIG. | NS | NS | NS | NS | | |

*** Significación al 99,9% ** Significación al 99% * Significación al 95%

CARPINTERO y SUAREZ (1977a) señalan que aunque el valor nutritivo de la hierba, expresado en TDN, fue ligeramente superior en las parcelas no abonadas el rendimiento, en TDN ha⁻¹, fue favorecido por la fertilización NPK.

En praderas permanentes del Pirineo Central, FERRER *et al.* (1990) obtienen una producción media anual de 4.309 UF ha⁻¹, con dos aprovechamientos y 5.227 UF ha⁻¹ en el caso de tres, siendo los dos primeros para henificar y el tercero para pastoreo otoñal. Estas cifras están al nivel de nuestro testigo sin abonado, ya que se trata de prados escasamente fertilizados.

En otro ensayo en Francia GIOVANNI (1990), estudiando varias mezclas de gramíneas con diferentes proporciones de trébol blanco (30 y 50%) y con una fertilización 60-150-150 kg NPK, obtiene la mayor producción con Ray grass-trébol blanco entre 12.000 y 12.500 UFL ha⁻¹; le siguen la festuca-trébol blanco entre 10.700 y 11.000 UFL ha⁻¹ y el dactilo-trébol blanco variando desde 9.600 (30% trébol) a 9.750 UFL ha⁻¹ (50% trébol). Dichas mezclas son explotadas mediante pastoreo con un ritmo de seis semanas.

Estos datos son bastante similares a los obtenidos en este ensayo con el abonado fosfo-potásico en un sistema de explotación con tres cortes; así, con 240-180 kg PK, que tiene una proporción de leguminosas de 30,2% en el primer corte, 43,6% en el segundo y 30,0% en el tercero, se obtiene un total de 11.617 UFL ha⁻¹, semejante a la conseguida con la mezcla más productiva. En el caso de la fertilización triple los valores hallados fueron ligeramente inferiores a los señalados por GIOVANNI (1990), consiguiendo el máximo (10.142 UFL ha⁻¹) con 180-240-180 kg NPK.

Como resultado de este experimento, GIOVANNI (1990), concluye que la asociación gramínea-trébol blanco presenta la ventaja de que gracias al elevado valor nutritivo del trébol blanco, éste contribuye a corregir el inferior y más variable de la gramínea, tanto más cuando ésta es de peor calidad. Por otro lado la disminución del valor de la asociación, debido principalmente a la gramínea, es menos rápida cuando la proporción de trébol blanco es elevada; por otro lado la presencia de trébol blanco en la pradera aumenta, como mínimo en un 10%, el nivel de ingestión de los corderos. Esta correlación positiva entre contenido en leguminosas del forraje y su valor nutritivo ha sido puesta de manifiesto por TROXLER, (1987).

GRANDI y CAGIOTTI (1987) indican que la producción de unidades forrajeras varía, como en nuestro caso, a lo largo del ciclo vegetativo, obteniendo la mayor cantidad a finales de Junio (952 UF ha⁻¹) y la cifra más baja en Octubre (242 UF ha⁻¹).

Comparación dos/tres cortes.

Con la fertilización nitro-fosfo-potásica se advierte una ligera ventaja de los tres cortes, con incrementos que van desde 3,3% con N1P1K1 a 10,1% con N2P2K2, aunque en ningún caso las diferencias fueron significativas.

YOOK y JACOB (1990) señalan un mejor valor nutritivo con la fertilización fosfo-potásico que cuando se añaden 100 y 200 kg de nitrógeno a ese abonado de fondo. Con solo PK pasa, en dos cortes, de 4,88 MJ NEL/kg MS a 5,19 MJ NEL/kg MS en tres cortes; por el contrario, con 200 kg N, varió desde 4,41 MJ NEL/kg MS con dos cortes a 4,90 MJ NEL/kg MS con tres. En conjunto, como media de todos los tratamientos, el valor nutritivo se incrementó en un 9,3% al pasar de dos a tres aprovechamientos si bien el abono nitrogenado tiene un efecto negativo sobre el valor energético. A resultados similares llega TROXLER (1987), que indica que el paso de dos a tres cortes aumenta la calidad nutritiva debido al desarrollo de las leguminosas y a que las gramíneas se encuentran en un estado menos avanzado de maduración.

Los resultados anteriores se hacen en función de la proporción de gramíneas y leguminosas; sin embargo no debemos olvidar que existe un tercer grupo, "otras plantas", que también juegan un importante papel, tanto en el equilibrio botánico y ecológico del prado, como en su valor nutritivo. Respecto a este último grupo DIETL (1982) afirma que un prado rico en las mismas (más de un 40%) tiene un contenido energético de 6,4 MJ NEL/kg MS, superior al obtenido en un prado con más del 50% de leguminosas (6,3 MJ NEL/kg MS) y al rico en gramíneas (5,9 MJ NEL/kg MS).

GIOVANNI (1990) obtiene un incremento notable del valor nutritivo al pasar de un ritmo de pastoreo de cuatro semanas a otro más largo (seis semanas). Así por ejemplo en la mezcla de Ray grass con 50% de trébol blanco se incrementó la producción de UFL ha⁻¹ en un 25,2% con el intervalo de seis semanas.

6.3. Consideraciones generales.

En las Tablas 67 y 68 se exponen las producciones de UFL ha⁻¹ de los 22 tratamientos con las dos frecuencias de corte. Como en el caso de los rendimientos de hierba, para facilitar su comparación, cada tratamiento va acompañado de su índice correspondiente respecto al testigo (100).

Con dos aprovechamientos (Tabla 67) destacan en el corte de Junio los tratamientos N3P3K3 (7.251 UFL ha⁻¹) y N3P3 (6.723 UFL ha⁻¹) que superan en 93 y 79%, respectivamente, al testigo (3.756 UFL ha⁻¹); también son importantes las producciones alcanzadas por N1P1K1, N2P2K2, N2P2 y N3K3 que superaron en más de un 60% el valor del testigo. Los tres niveles de potasio y P1 tuvieron las más bajas.

Tabla 67.- influencia de la fertilizacion sobre la Produccion de unidades nutritivas (UFL ha⁻¹).
(medias de tres años con dos cortes)

| N-P-K | JUNIO | | SEPTIEMBRE | | TOTAL | |
|--------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| | UFL ha ⁻¹ | kg N ha ⁻¹ | UFL ha ⁻¹ | kg N ha ⁻¹ | UFL ha ⁻¹ | kg N ha ⁻¹ |
| 0-0-0 | 3.756 | 100 | 1.907 | 100 | 5.663 | 100 |
| 1-0-0 | 5.371 | 143 | 2.286 | 120 | 7.657 | 135 |
| 2-0-0 | 5.086 | 135 | 2.219 | 116 | 7.305 | 129 |
| 3-0-0 | 5.547 | 148 | 1.891 | 99 | 7.438 | 131 |
| 0-1-0 | 4.299 | 114 | 2.685 | 141 | 6.984 | 123 |
| 0-2-0 | 4.897 | 130 | 2.883 | 151 | 7.780 | 137 |
| 0-3-0 | 5.176 | 138 | 2.823 | 148 | 7.999 | 141 |
| 0-0-1 | 4.026 | 107 | 2.314 | 121 | 6.340 | 112 |
| 0-0-2 | 4.118 | 110 | 2.275 | 119 | 6.393 | 113 |
| 0-0-3 | 4.370 | 116 | 2.785 | 146 | 7.155 | 126 |
| 1-1-0 | 5.707 | 152 | 2.423 | 127 | 8.130 | 144 |
| 2-2-0 | 6.144 | 164 | 2.363 | 124 | 8.507 | 150 |
| 3-3-0 | 6.723 | 179 | 2.331 | 122 | 9.054 | 160 |
| 1-0-1 | 4.836 | 129 | 2.324 | 122 | 7.160 | 126 |
| 2-0-2 | 4.922 | 131 | 2.170 | 114 | 7.092 | 125 |
| 3-0-3 | 6.068 | 162 | 2.483 | 130 | 8.551 | 151 |
| 0-1-1 | 4.883 | 130 | 2.926 | 153 | 7.809 | 138 |
| 0-2-2 | 5.494 | 146 | 2.982 | 156 | 8.476 | 150 |
| 0-3-3 | 5.435 | 145 | 2.595 | 136 | 8.030 | 142 |
| 1-1-1 | 6.326 | 168 | 2.866 | 150 | 9.192 | 162 |
| 2-2-2 | 6.296 | 168 | 2.592 | 136 | 8.888 | 157 |
| 3-3-3 | 7.251 | 193 | 2.243 | 118 | 9.494 | 168 |

En el corte de Septiembre la situación cambia de forma ostensible y las fuertes dosis de NPK o NP dejan paso a los tratamientos fosfo-potásicos (P1K1 y P2K2, con 2.926 y 2.982 UFL ha⁻¹), fosfóricos (P2, 2.883 UFL ha⁻¹) o incluso N1P1K1 (2.866 UFL ha⁻¹) que ahora son los más efectivas, superando en un 50% al testigo. En el extremo contrario se localizan N2K2 (2.170 UFL ha⁻¹), N2 (2.219 UFL ha⁻¹) y sobre todo N3 (1.891 UFL ha⁻¹) que está ligeramente por debajo del testigo (1.907 UFL ha⁻¹).

En la producción total destacan los tratamientos que tuvieron gran importancia en el primer corte, como N3P3K3 (9.494 UFL ha⁻¹), N1P1K1 (9.192 UFL ha⁻¹), N3P3 (9.054 UFL ha⁻¹) y N2P2K2 (8.888 UFL ha⁻¹); sin embargo P2K2 (8.476 UFL ha⁻¹) tiene un excelente rendimiento como consecuencia de sus buenos resultados en el segundo aprovechamiento. Los peores los alcanzaron K1 y K2 que apenas superaron en un 12% al testigo (5.663 UFL ha⁻¹).

En el caso de tres aprovechamientos (Tabla 68) en el corte de Junio las diferencias entre los tratamientos y el testigo son más marcadas. N3P3K3 (6.731 UFL ha⁻¹) sigue siendo el más

productivo y llega a superar en un 163% al testigo (2.559 UFL ha⁻¹), seguido por P3K3 (6.158 UFL ha⁻¹) y N2P2K2 (6.067 UFL ha⁻¹); otros tratamientos como N2P2, N3P3, N1P1K1, N1P1 y P3 aventajaron en más de un 100% al testigo. Como en los casos anteriores, los menos efectivos corresponden al potasio (sobre todo K2 y K3).

El el corte de Julio el mayor protagonismo corre a cargo de los tratamientos fosfo-potásicos que superaron entre un 70 y 100% al testigo; también P3 tuvo una respuesta elevada. En este caso N1, K2 y, sobre todo, N1P1 fueron los más bajos.

Igual que ocurrió en Junio también en Septiembre la mayor producción correspondió a P3K3 (2.808 UFL ha⁻¹), pero en éste caso toman mayor protagonismo los fertilizantes fosfóricos (P2 y P3) que se sitúan inmediatamente detrás del anterior y con idénticos resultados (2.319 UFL ha⁻¹). En este corte hay que destacar algunos tratamientos como los nitrogenados (sobre todo N2), K2, N3P3 y N2K2 cuyos valores son inferiores al testigo.

En la producción total destaca P3K3 que con 11.617 UFL ha⁻¹ es el tratamiento más efectivo del ensayo; detrás se sitúan N3P3K3 (10.142 UFL ha⁻¹), N2P2K2 (9.786 UFL ha⁻¹), P3 (9.639 UFL ha⁻¹), N1P1K1 (9.498 UFL ha⁻¹) y P1K1 (9.435 UFL ha⁻¹), todos ellos con valores muy semejantes. Sobresalen por su eficacia los tratamientos P1K1 y P3 capaces de obtener elevados rendimientos con bajos aportes energéticos. En el otro extremo están los tratamientos nitrogenados (N2 y N3), potásicos (K2 y K3) y nitro-potásicos (N2K2).

Conviene resaltar que si bien los rendimientos de unidades forrajeras por hectárea son menores, como es lógico, que los de hierba (kg MS ha⁻¹), debido a que el valor nutritivo del forraje (UFL/kg MS) siempre toma valores inferiores a la unidad. Ambas variables lo hacen en el mismo sentido (GILLET, 1984) y en unas proporciones casi constantes en los diferentes tratamientos;

sin embargo, cuando se comparan las dos frecuencias de corte se aprecian mayores diferencias entre las dos variables en los tratamientos fosfóricos, fosfo-potásicos y en menor medida con los ternarios. Así, en el caso del abonado fosfatado, las producciones de hierba se incrementaron una media de un 5,9% con P y un 16,2% con PK, al pasar de dos a tres cortes, mientras que los rendimientos en UFL ha⁻¹ lo hicieron en un 12,9 y 24,5%, respectivamente. Dentro de los tratamientos fosfo-potásicos destacan los incrementos de biomasa conseguida con P1K1 (15,1%) y P3K3 (31,3%), que se traducen en unos aumentos más importantes en la producción de unidades nutritivas 20,8 y 44,7%, respectivamente.

Tabla 68.- Influencia de la fertilización sobre la producción de unidades nutritivas (UFL ha⁻¹).
(medias de tres años con tres cortes)

| N-P-K | JUNIO | | JULIO | | SEPTIEMBRE | | TOTAL | |
|--------------|-------|-----|-------|-----|------------|-----|---------------|-----|
| 0-0-0 | 2.559 | 100 | 1.328 | 100 | 1.331 | 100 | 5.218 | 100 |
| 1-0-0 | 3.783 | 148 | 1.352 | 102 | 1.262 | 95 | 6.397 | 123 |
| 2-0-0 | 3.792 | 148 | 1.463 | 110 | 920 | 69 | 6.175 | 118 |
| 3-0-0 | 3.067 | 120 | 1.583 | 119 | 1.192 | 90 | 5.842 | 112 |
| 0-1-0 | 3.602 | 141 | 1.975 | 149 | 1.887 | 142 | 7.464 | 143 |
| 0-2-0 | 4.343 | 170 | 1.931 | 145 | 2.319 | 174 | 8.593 | 165 |
| 0-3-0 | 5.208 | 203 | 2.111 | 159 | 2.320 | 174 | 9.639 | 185 |
| 0-0-1 | 3.456 | 135 | 1.683 | 127 | 1.713 | 129 | 6.852 | 131 |
| 0-0-2 | 3.040 | 119 | 1.396 | 105 | 1.286 | 97 | 5.722 | 110 |
| 0-0-3 | 2.993 | 117 | 1.478 | 111 | 1.366 | 103 | 5.837 | 112 |
| 1-1-0 | 5.539 | 216 | 1.813 | 137 | 1.873 | 141 | 9.225 | 177 |
| 2-2-0 | 5.914 | 231 | 1.517 | 114 | 1.373 | 103 | 8.804 | 169 |
| 3-3-0 | 5.745 | 224 | 1.343 | 101 | 1.297 | 97 | 8.385 | 161 |
| 1-0-1 | 3.809 | 149 | 1.255 | 94 | 1.414 | 106 | 6.478 | 124 |
| 2-0-2 | 3.632 | 142 | 1.643 | 124 | 869 | 65 | 6.144 | 118 |
| 3-0-3 | 4.581 | 179 | 1.939 | 146 | 1.406 | 106 | 7.926 | 152 |
| 0-1-1 | 4.928 | 193 | 2.338 | 176 | 2.169 | 163 | 9.435 | 181 |
| 0-2-2 | 4.838 | 189 | 2.259 | 170 | 2.126 | 160 | 9.223 | 177 |
| 0-3-3 | 6.158 | 241 | 2.653 | 200 | 2.806 | 211 | 11.617 | 223 |
| 1-1-1 | 5.554 | 217 | 1.863 | 140 | 2.081 | 156 | 9.498 | 182 |
| 2-2-2 | 6.067 | 237 | 1.804 | 136 | 1.915 | 144 | 9.786 | 187 |
| 3-3-3 | 6.731 | 263 | 1.865 | 140 | 1.546 | 116 | 10.142 | 194 |

En las Figuras 18 y 19 se exponen los resultados de los ocho tratamientos simplificados (Testigo, N, P, K, NP, NK, PK y NPK) de la producción de unidades nutritivas (UFL ha⁻¹) y su comparación en ambas frecuencias de corte.

En el corte de Junio con dos aprovechamientos (Figura 18) se aprecia que entre los fertilizantes simples la mayor producción se consigue con N ($5.335 \text{ UFL ha}^{-1}$), disminuyendo paulatinamente a medida que se añade P o K. Entre las combinaciones binarias NP ($6.191 \text{ UFL ha}^{-1}$) fue la más eficiente; sin embargo, el rendimiento medio más elevado corresponde a NPK con $6.624 \text{ UFL ha}^{-1}$.

En el segundo corte el testigo ($1.907 \text{ UFL ha}^{-1}$) sigue teniendo el valor más bajo; los más altos se consiguen con P ($2.797 \text{ UFL ha}^{-1}$) y PK ($2.834 \text{ UFL ha}^{-1}$), situándose ahora NPK ($2.567 \text{ UFL ha}^{-1}$) detrás de los anteriores. El tratamiento nitrogenado, que era en el primer corte el más eficiente de los fertilizantes simples, es ahora el menos productivo.

En cuanto a la producción total, obtenida de la suma de ambos cortes (Figura 19), hay que indicar que dentro de fertilizantes simples P ($7.588 \text{ UFL ha}^{-1}$) es el más eficiente, seguido muy de cerca por N ($7.467 \text{ UFL ha}^{-1}$). En las combinaciones binarias NP ($8.563 \text{ UFL ha}^{-1}$) y PK ($8.105 \text{ UFL ha}^{-1}$) superaron a NK y a los fertilizantes simples. Como en el corte de Junio los rendimientos más elevados se consiguen con NPK ($9.191 \text{ UFL ha}^{-1}$).

Con tres aprovechamientos en el de primavera (Figura 18) NPK ($6.117 \text{ UFL ha}^{-1}$) es de nuevo el más efectivo; le siguen en importancia P ($4.384 \text{ UFL ha}^{-1}$) dentro de los fertilizantes simples, junto con los binarios NP ($5.733 \text{ UFL ha}^{-1}$) y PK ($5.308 \text{ UFL ha}^{-1}$).

En el segundo corte se origina un cambio radical en la producción de UFL. Dentro de los fertilizantes simples P ($2.006 \text{ UFL ha}^{-1}$) sigue siendo el más eficiente, si bien PK ($2.417 \text{ UFL ha}^{-1}$) pasa a ser, dentro de las binarias, la combinación más elevada del corte, superando incluso al NPK ($1.844 \text{ UFL ha}^{-1}$).

En el tercero se repite claramente el mismo comportamiento, P ($2.175 \text{ UFL ha}^{-1}$) es el fertilizante simple más eficaz y la combinación PK ($2.367 \text{ UFL ha}^{-1}$) consigue valores más altos, por encima de NPK ($1.847 \text{ UFL ha}^{-1}$).

En las producciones totales (Figura 19), P ($8.565 \text{ UFL ha}^{-1}$) y PK ($10.092 \text{ UFL ha}^{-1}$) fueron los tratamientos medios más eficaces, superando al testigo en un 64 y 93% respectivamente; NPK ($9.808 \text{ UFL ha}^{-1}$) se sitúa ligeramente por debajo de PK.

Si hacemos una comparación entre los valores medios totales de los ocho tratamientos, tal como se presenta en la Figura 19, se observa que al aumentar la frecuencia de corte se produce un incremento sustancial en la producción de UFL ha^{-1} en los tratamientos que llevan un aporte fosfatado como PK (24,5%, $\bar{O} > 0,05$), P (12,8%), NPK (6,7%) y NP (2,8%). Por el contrario en las parcelas con base nitrogenada y potásica, (N 17,8%, $\bar{O} > 0,05$; NK 9,9%; K 7,4%) e incluso en el testigo (7,9%), se origina una disminución.

Figura 18.- Producciones medias UFL/ha

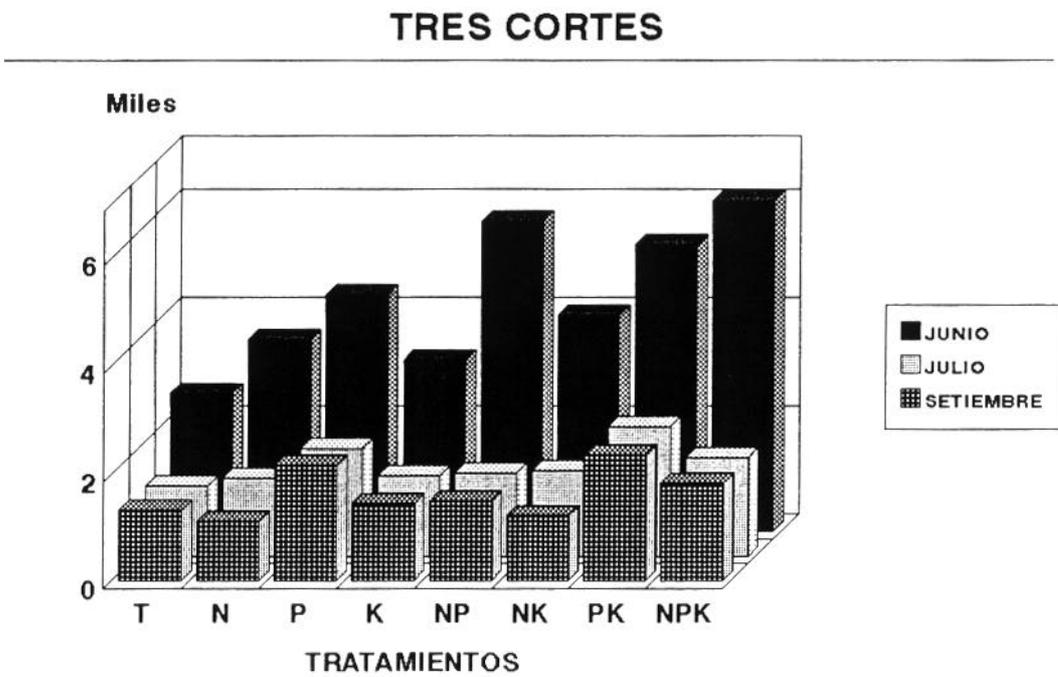
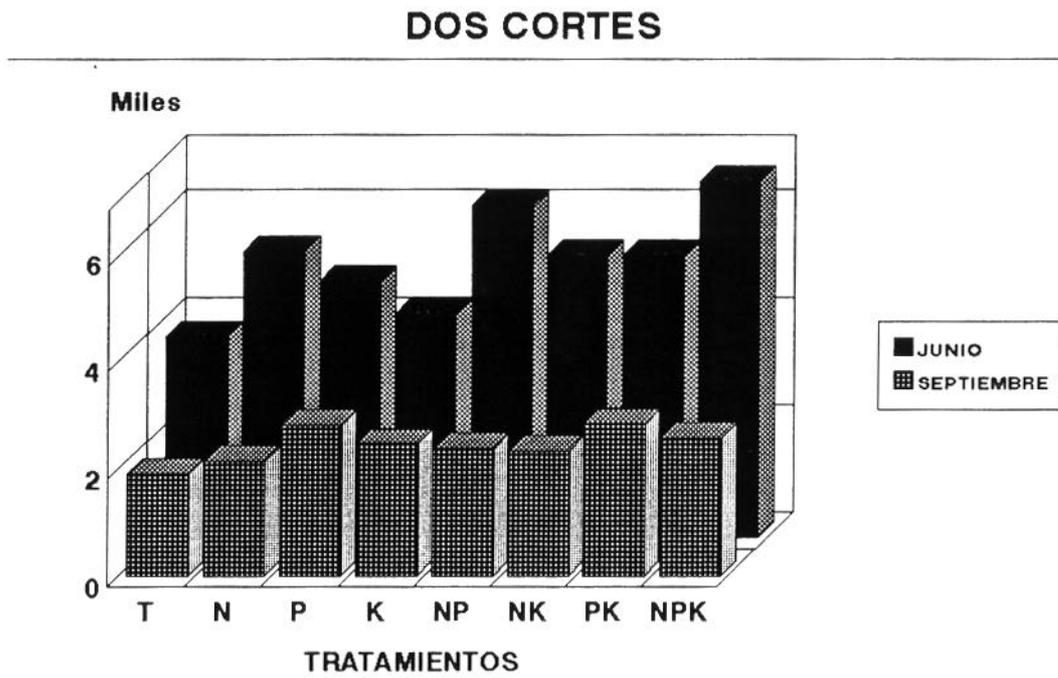
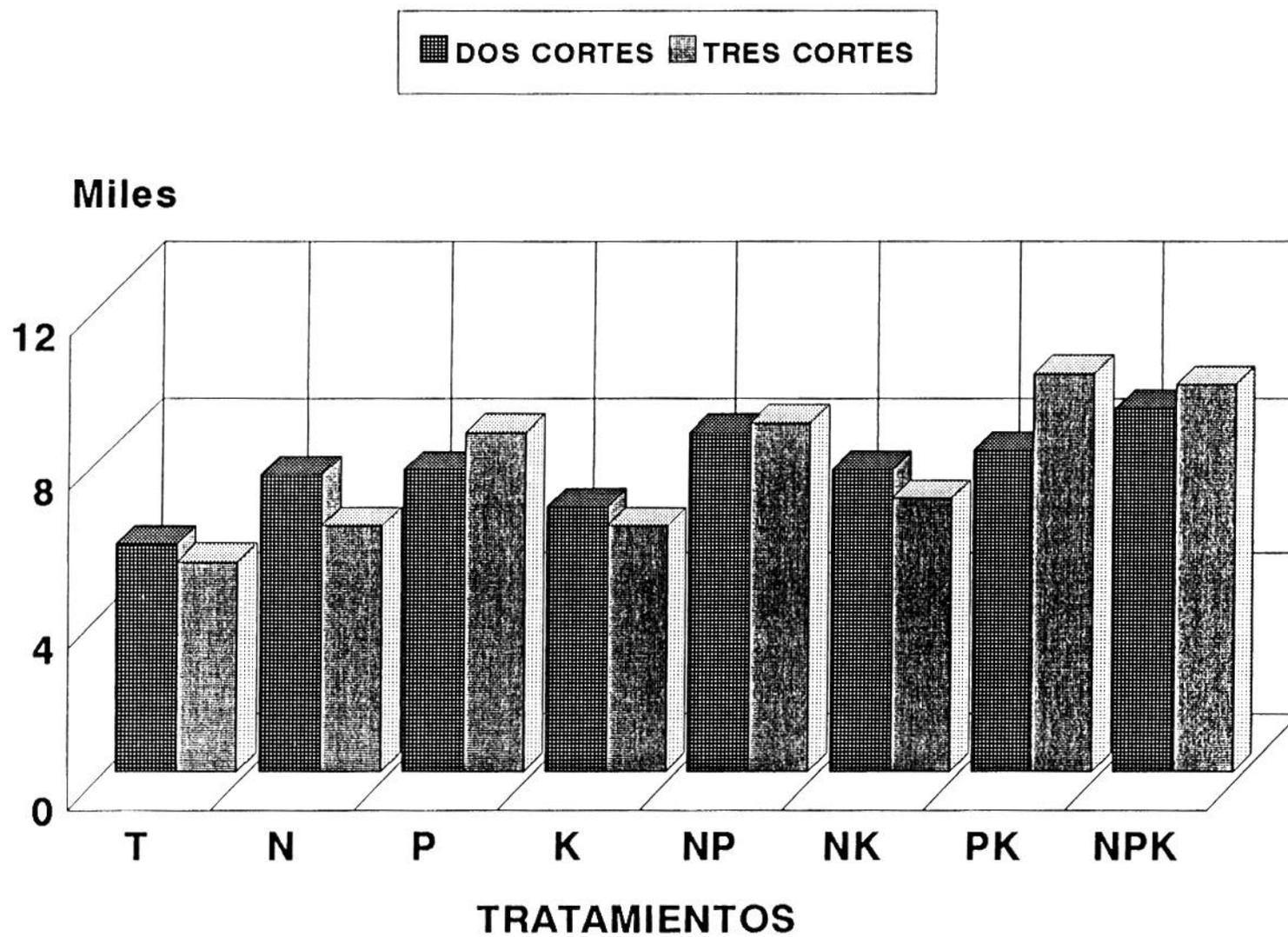


Figura 19.- Producciones totales medias UFL/ha (comparación dos/tres cortes)



6.3.1. Distribución estacional.

Igual que ocurría con los rendimientos de hierba, la producción de UFL ha^{-1} presenta una distribución estacional característica, dependiendo del tipo o combinación de fertilizantes aportados. De esta manera podemos influir, a lo largo del ciclo vegetativo, para incrementar la cantidad de unidades nutritivas en la época que más interese, en función de las necesidades de la explotación.

En la Tabla 69 se expresan los porcentajes medios de UFL ha^{-1} que se obtienen en cada corte y tratamiento respecto al total, así como la evolución del índice de estacionalidad que muestra la relación entre la producción de UFL ha^{-1} de Junio/Septiembre (caso de dos cortes) y/o de Junio/Julio+Septiembre (tres aprovechamientos).

Como se advierte en dicha Tabla los tratamientos que más fuerzan la producción de UFL ha^{-1} en el corte de Junio, en relación a la total, son N (71,4%), NP (72,3%) y NPK (72,1%) siendo, por lo tanto, sus porcentajes en Septiembre los más bajos. De esta forma el índice de estacionalidad es 2,5 con N y 2,6 para NP y NPK. Esto indica que la cifra de UFL ha^{-1} en Junio viene a ser 2,5 veces más alta que en Septiembre.

Por el contrario con P (63,1%), K (62,9%) y PK (65,0%) se obtienen unos porcentajes de UFL en Junio más pequeños y, por lo tanto, más altos en Septiembre (36,9; 37,1 y 35,0%, respectivamente). Los índices de estacionalidad correspondientes son de 1,7 con P y K y 1,9 para PK, lo que sugiere una distribución más uniforme de la producción a lo largo del ciclo vegetativo. El testigo, con un 66,3% en Junio y 33,7% en Septiembre, ocupa un lugar intermedio (índice de 2,0).

En el caso de tres aprovechamientos (Tabla 69) la mayor producción de UFL ha^{-1} en el corte de Junio se consigue con NP (65,1%) y NPK (62,4%), seguidos de NK (58,5%) y N (57,8%). El testigo (49,0%) se mantiene con unos valores bajos. Los porcentajes inferiores corresponden a P (51,2%), K (51,5%) y PK (52,6%).

Tabla 69.- Distribucion estacional de la produccion de unidades nutritivas (ufl ha⁻¹).
(medias de tres años)

| TRAT. | DOS CORTES | | | TRES CORTES | | | |
|-------|------------|---------|----------|-------------|---------|---------|-------------|
| | JUN (%) | SEP (%) | JUN/SEP. | JUN (%) | JUL (%) | SEP (%) | JUN/JUL+SEP |
| T | 66,3 | 33,7 | 2,00 | 49,0 | 25,5 | 25,5 | 0,96 |
| N | 71,4 | 28,6 | 2,50 | 57,8 | 23,9 | 18,3 | 1,37 |
| P | 63,1 | 36,9 | 1,70 | 51,2 | 23,4 | 25,4 | 1,05 |
| K | 62,9 | 37,1 | 1,70 | 51,5 | 24,8 | 23,7 | 1,06 |
| NP | 72,3 | 27,7 | 2,60 | 65,1 | 17,7 | 17,2 | 1,86 |
| NK | 69,4 | 30,6 | 2,30 | 58,5 | 23,5 | 18,0 | 1,41 |
| PK | 65,0 | 35,0 | 1,90 | 52,6 | 23,9 | 23,5 | 1,11 |
| NPK | 72,1 | 27,9 | 2,60 | 62,4 | 18,8 | 18,8 | 1,66 |

En el segundo corte, igual que ocurría con dos aprovechamientos, los niveles más bajos se dan con NP (17,7%) y NPK (18,8%). Por el contrario los más elevados se dieron en el testigo (25,5%) y en K (24,8%), aunque con valores bastante próximos al resto de los tratamientos.

En el aprovechamiento de Septiembre los valores más bajos se siguen encontrando en NP (17,2%), NK (18,0%), N (18,3%) y NPK (18,8%). El testigo (25,5%), P (25,4%), K (23,7%) y PK (23,5) alcanzaron los mayores porcentajes.

Al contrario de lo que ocurría con dos aprovechamientos, el testigo no ocupa lugares intermedios sino que toma valores extremos, el más bajo en el corte de Junio y el más alto en Julio y Septiembre, lo que implica una distribución de la producción más regular a lo largo del ciclo.

En cuanto a los índices de estacionalidad (UFL Junio/UFL Julio+Septiembre), los valores más altos corresponden a NP (1,86) y NPK (1,66), siendo los más bajos los de P (1,05), K (1,06) y PK (1,11). El testigo es el único tratamiento en el que la suma de las producciones de Julio y Septiembre supera al corte de Junio.

Los índices de estacionalidad bajos -que se producen con los fertilizantes fosfatados, potásicos y con la acción conjunta de ambos- nos indican que tienen una mayor capacidad de producción de unidades nutritivas en una época crítica, como es el verano, gracias a las elevadas producciones de leguminosas que se obtienen. Esto hace que tengan una estacionalidad menor y se adapten mejor a cualquier sistema de producción animal en base a la utilización de prados. Además, con estos tratamientos, se reducen los riesgos de pérdida de cosecha (en el proceso de henificado) por una climatología adversa en primavera, ya que si esto sucediese todavía quedarían los cortes de verano y otoño en los que es factible producir cantidades sustanciales de UFL ha⁻¹.

6.4. Recapitulación.

En el valor nutritivo del forraje (UFL/kg MS) destaca la escasa diferencia que existe entre los distintos tratamientos dentro de cada corte, que contrasta con la mayor variación que se aprecia entre los aprovechamientos. Así, los cortes de verano y principios de otoño tienen un elevado valor nutritivo (0,83 y 0,90 UFL/kg MS media de todos los tratamientos, en dos y tres cortes respectivamente) y son muy superiores a los de primavera, en ambas frecuencias de siega (0,73 y 0,74 UFL/kg MS, respectivamente). En todos los casos el testigo tiene un alto valor nutritivo.

En el caso de dos aprovechamientos se aprecia una ligera superioridad, en el primero, de los fertilizantes nitrogenados y nitro-fosfóricos en sus dosis altas, mientras que en el de Septiembre corresponde al fosfórico, potásico y fosfo-potásico. Sin embargo, cuando se realizan tres siegas, el papel de los tratamientos con fósforo y fosfo-potásicos se hace más importante en todos los cortes y se alcanzan valores elevados (0,93-0,94 UFL/kg MS) en los de Julio y Septiembre.

En la producción total de UFL ha⁻¹, hay que destacar, en dos cortes, los tratamientos nitro-fosfóricos (180-240 kg ha⁻¹) y nitro-fosfo-potásicos (60-80-60 y 180-240-180 kg ha⁻¹) que superan las 9.000 UFL ha⁻¹; con valores en torno a 8.500 UFL ha⁻¹ se sitúan las dosis medias de fertilizantes nitro-fosfóricos, fosfo-potásicos, nitro-fosfo-potásicos y las altas de nitro-potásicos.

Con tres aprovechamientos las producciones totales son más elevadas, destacando sobre los demás los fosfo-potásicos (180-240 kg ha⁻¹ con 11.617 UFL ha⁻¹) y nitro-fosfo-potásicos (180-240-180 kg ha⁻¹ con 10.142 UFL ha⁻¹). En un segundo plano se localizan los tratamientos con niveles altos de abonado fosfórico, bajos de nitro-fosfórico, así como los bajos y medios fosfo-potásicos y nitro-fosfo-potásicos, que superaron las 9.000 UFL ha⁻¹.

Al realizar tres siegas se aumenta, de forma notoria, las unidades nutritivas (UFL ha⁻¹) conseguidas en los tratamientos fosfatados y, sobre todo, en los fosfo-potásicos en los que con su nivel más alto (240-180 kg PK) se alcanzaron incrementos significativos (44,7%). Por el contrario con 60 y 180 kg de nitrógeno se originó una disminución significativa (-16,4% y -21,3%, respectivamente) al cambiar de dos a tres siegas.

En relación a la distribución estacional de las UFL ha⁻¹ cabe señalar, en dos cortes, que los tratamientos nitrogenados, nitro-fosfóricos y nitro-fosfo-potásicos son los que provocan un rendimiento elevado en el corte de Junio y, por lo tanto, bajo en el de Septiembre, siendo sus índices máximos. Por el contrario los fertilizantes fosfóricos, potásicos y fosfo-potásicos favorecen la producción en el corte de verano y sus índices son bajos. En el caso de tres aprovechamientos, la secuencia es la misma aunque los índices son bastante más bajos, lo que asegura una distribución más regular de la misma.

En conjunto se aprecia que los tratamientos fosfo-potásicos tienen una estacionalidad menor y favorecen las UFL ha^{-1} en una época de baja producción como es el verano, mientras que los fertilizantes con base nitrogenada tienden a concentrarla en el corte de primavera en detrimento del resto.

7. CONCLUSIONES.

1.- En relación con el efecto de los elementos fertilizantes y en las condiciones experimentales descritas en esta memoria, es necesario destacar lo siguiente:

a) El nitrógeno no parece ser un factor limitante de los rendimientos ni de la calidad del forraje. Su acción más enérgica tiene lugar sobre la composición florística, ya que desequilibra la proporción de los diferentes grupos al favorecer las gramíneas en detrimento de las leguminosas.

b) El fósforo es el fertilizante que más influye sobre los rendimientos y la composición botánica de los prados ya que favorece la producción de gramíneas y leguminosas, éstas de forma muy activa. Es el elemento fundamental para mantener una producción equilibrada.

c) El potasio es el elemento que tiene una respuesta menos marcada, su efecto empieza a ser manifiesto cuando se intensifican los aprovechamientos aumentando la frecuencia de siega.

d) Las combinaciones nitro-fosfóricas y nitro-fosfo-potásicas son las que alcanzan, en dos cortes, las mayores producciones de hierba y de unidades nutritivas (UFL ha⁻¹), pero con una marcada estacionalidad y una composición botánica muy desequilibrada.

e) Los fertilizantes fosfo-potásicos presentan, en conjunto, una acción más eficaz. En los sistemas con baja intensidad de aprovechamiento (dos cortes) dosis de 80-60 kg ha⁻¹ garantizan rendimientos óptimos y sostenibles en el tiempo, mientras que en los sistemas semi-intensivos (tres cortes) con niveles altos (240-180 kg ha⁻¹) se consiguen las máximas producciones de hierba y UFL ha⁻¹.

Dichas combinaciones aseguran una composición botánica con una alta diversidad de especies y un equilibrio apropiado entre gramíneas, leguminosas y "otras familias". Presentan elevados rendimientos de leguminosas en verano consiguiendo que la hierba tenga una distribución más uniforme a lo largo del ciclo de crecimiento con una estacionalidad menor.

2.- Respecto a la frecuencia de corte se puede afirmar que:

a) El valor nutritivo de la hierba está más influenciado por la época y frecuencia de siega que por la fertilización. Dicho valor es superior en los aprovechamientos de verano y principios de otoño que en el de primavera, siendo las diferencias más acentuadas en tres cortes.

b) Cuando se cambia el sistema de explotación de los prados de dos a tres aprovechamientos se logra, con los fertilizantes fosfo-potásicos, un incremento importante en la producción de hierba y, en mayor medida, de unidades nutritivas (UFL ha⁻¹). Por el contrario los nitrogenados reducen ambos parámetros.

c) Las leguminosas es el grupo botánico que se ve más favorecido por un aumento en la frecuencia de siega. Gracias a ellas se pueden alcanzar elevados rendimientos en unidades nutritivas sin la presencia del nitrógeno.

3.- Finalmente se puede afirmar, a modo de conclusión general, que una aplicación equilibrada de fertilizantes y una adecuada frecuencia de siega permitirían cubrir las necesidades forrajeras de un amplio número de explotaciones, siendo incluso factible duplicar la producción de los prados de siega y, por tanto, incrementar el número de animales que se pueden mantener durante la invernada.

8. BIBLIOGRAFIA.

AMELLA, A., FERRER, C., MAESTRO, M. y BROCA, A. (1984). Henificación en la depresión media Prepirenaica: Producciones, mermas y calidad. *XXIV Reunión Científica de la S.E.E.P. Vic (Barcelona)*, pp. 1-14.

AMELLA, A. y FERRER, C. (eds) (1990). *Explotación de pastos en Caseríos Guipuzcoanos*. Departamento de Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. 285 p.

ANDRIEU, J. et DEMARQUILLY, C. (1987). Composition et valeur alimentaire des foins et des pailles. In: Demarquilly C. (ed) *Les fourrages secs: recolte, traitement, utilisation*, pp 163-182. INRA. Paris.

ANTUÑA, A., NUÑO, I., DE LA ROZA, B., MARTINEZ, A. y ARGAMENTERIA, A. (1988). Optimización del abonado nitrogenado en praderas naturales aprovechadas en régimen de pastoreo en la zona costera de Asturias. *XXVIII Reunión Científica de la S.E.E.P. Jaca (Huesca)*, pp. 321-329.

ANTUÑA, A., NUÑO, I., MARTINEZ, A. y DE LA ROZA, B. (1991). Efecto del intervalo entre cortes y la fertilización nitrogenada sobre la cantidad y calidad de hierba cosechada en una pradera de raygrass inglés-trébol blanco en la zona costera de Asturias. *Invest. Agr.: Prod. Prot. veg.*, 6(1): 93-106.

ARNAUD, R., DE MONTARD, F.X. et NIQUEUX, M. (1983). Essais de fertilisation minéral sur paturage et sur prairie de fauche en montagne volcanique du Massif-Central humide. II Essai de fertilisation minérale sur une prairie permanente de fauche. *Fourrages*, 96: 35-60.

BANSZKI, T. (1990). The effect of number of cutting and N-doses on man-made pastures. *Allattenyesztes es Takarmanyozas*, 39(3): 279-288.

BANSZKI, T. (1991). Optimum NPK ratio of a planted grassland. *Acta Agronomica Hungarica*, 40(1-2): 79-85.

BARCIA y TRELLES, J. (1906). *Fertilización de los prados naturales*. Publicación del Centro de Estaciones Experimentales de Abonos. 2ª edición. Imp. de J. Sastre y Cª. Madrid. 43 p.

BASSETTI, P., LUSCHER, A. and NOSBERGER, J. (1991). Influence of cutting frequency and nitrogen fertilization on floristic composition and sward density of a permanent meadow dominated by *Lolium multiflorum*. *Das wirtschaftseigene Futter*, 37 (1+2): 258-267.

BENEDYCKI, S., GRZEGORCZYK, S., MLYNARCZYK, K. and GRABOWSKI, K. (1989). Changes in vegetation of various meadows under differential mineral fertilization. *XVI International Grassland Congress, Nice, France*, pp. 89-59 p.

- BENEDYCKI, S., GRZEGORCZYK, S., MLYNARCZYK, K. and GRABOWSKI, K. (1991). Changes in meadow vegetation on peat soil under differential fertilization. *Acta Acad. Agricult. Techn. Olst. Agricultura*, 52: 211-217.
- BENZECRI, J.P. (1970). *L'analyse des données. II L'analyse des correspondances*. Dunot. Paris
- BERENDSE, F., OOMES, M.J.M., ALTENA, H.J. and ELBERSE, W.Th. (1992). Experiments on the restoration on species-rich meadows in The Netherlands. *Biological Conservation*, 62: 59-65.
- BONISCHOT, R. (1983). Fertilisation phosphatée et potassique des prairies avec trèfle blanc. *Fourrages*, 95: 133-144.
- BONISCHOT, R. (1984). Fumure de fond et potentialité de la prairie permanente. *Fourrages*, 98: 167-179.
- BRIEMLE, G., ELSASSER, M. et JILG, T. (1992). L'exploitation extensive de la prairie en Allemagne du Sud-Ouest. In: *L'extensification en production fourragère*, pp. 110-112. Numéro hors-série de la revue Fourrages. Compte-rendu des Journées 1992 de l'Association Française pour la Production Fourragère.
- CALLEJA, A. (1976). Contenido mineral y variaciones producidas por la fertilización fosfatada en plantas aisladas y henos de prados permanentes de la Comarca del Porma (León). *Tesis Doctoral*. Facultad de Veterinaria de León. Universidad de Oviedo.
- CALLEJA, A., RODRIGUEZ, M. y SUAREZ, A. (1980). Relaciones entre el abonado N-P-K y la composición botánica en prados de regadío. *An. Fac. Vet. León*, 26: 55-63.
- CALLEJA, A., RODRIGUEZ, M., PUENTE, T. y SUAREZ, A. (1981). Influencia de dosis crecientes de abonado N-P-K en prados de siega de montaña. III Evolución florística. *An. Fac. Vet. León*, 27: 45-54.
- CALLEJA, A., MORO, A., GARCIA, R., PEREZ PINTO, J.E., PEREZ PINTO, M.T. y RODRIGUEZ, M. (1988). *Practicultura de la montaña leonesa*. Universidad de León (Departamento de Producción Animal) y Excma Diputación de León.
- CARPINTERO, C. (1966). Estudio químico de los pastos leoneses (fertilidad del suelo y composición mineral de la hierba). *Tesis Doctoral*. Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca.
- CARPINTERO, C. y SUAREZ, A. (1976a). Fertilización fosfatada de prados naturales. II Efecto sobre la composición botánica. *Zootechnia*, 25(1-2-3): 42-59.
- CARPINTERO, C. y SUAREZ, A. (1976b). Fertilización fosfatada de prados naturales. III Efecto sobre la composición mineral y equilibrios nutritivos. *Zootechnia*, 25(4-5-6): 151-165.
- CARPINTERO, C. y SUAREZ, A. (1977a). Fertilización fosfatada de prados naturales. IV Efecto de la fertilización sobre el valor nutritivo del forraje. *Zootechnia*, 26(1-2-3): 29-39.
- CARPINTERO, C. y SUAREZ, A. (1977b). Fertilización fosfatada de prados naturales. V Influencia de la fertilización sobre la conservación del forraje ensilado. *Zootechnia*, 26(1-2-3):40-47.
- CARPINTERO, C., SUAREZ, A. y PASCUAL, M.R. (1990-1991). Producción y calidad de varias gramíneas en cultivo monofito y en asociación. *Pastos*, 20-21 (1-2): 3-17.

- CARRO, M.D., LOPEZ, S. y OVEJERO, F.J. (1988). Efecto de la época de corte y de la henificación sobre la composición química y la digestibilidad "in vitro" de forrajes de prados de montaña. *XXVIII Reunión Científica de la S.E.E.P. Jaca (Huesca)*, pp. 405-412.
- CASTILLON, P. (1992). Role de la fertilization potassique pour la production fourragère des prairies. In: *L'extensification en production fourragère*, pp. 98-99. Numéro hors-série de la revue Fourrages. Compte-rendu des Journées de l'Association Française pour la Production Fourragère.
- CHANEY, K. and PAULSON, G.A. (1988). Field experiments comparing ammonium nitrate and urea top-dressing for winter cereals and grassland in the U.K. *J. Agric. Sci., Camb.*, 110: 285-299.
- CHOCARRO, C., FANLO, R., FILLAT, F., GARCIA, A. y GARCIA, B. (1988). Comparaciones entre 1º y 2º cortes en prados Pirenaicos. *XXVIII Reunión Científica de la S.E.E.P. Jaca (Huesca)*, pp. 203-211.
- DACCORD, R. (1988). Digestibilité del quelques dicotylédones. *Recherche agronom. en Suisse*, 27 (2): 139-151.
- DACCORD, R. (1989). Valeur agronomique et nutritive des prairies naturelles de montagne. III Valeur nutritive. *6ème réunion du sous réseau FAO des herbages de montagne. Balice, Cracovie*.
- DACCORD, R. (1990). Valeur nutritive des foins récoltés sur prairies riches en espèces. *Landwirtschaft Schweiz Band 3(11)*: 620-624.
- DAMPNEY, P.M.R. (1992). The effect of timing and rate of potash application on the yield and herbage composition of grass grown for silage. *Grass and Forage Science*, 47: 280-289.
- DE MONTARD, F.X., LAISSUS, R., PLANQUAERT, Ph. et PLANTUREUX, S. (1983). Importance et role du trèfle blanc dans les prairies permanentes en relation avec les conditions de milieu et les pratiques d'exploitation et de fertilisation azotée. *Fourrages*, 94: 87-108.
- DE VIEDMA y LOZANO, B. (1860). *Memoria sobre abonos animales, vegetales y minerales*. Establecimiento tipográfico de la Viuda e Hijos de Miñón. León. 34 p.
- DEMARQUILLY, C. (1970). Influence de la fertilisation azotée sur la valeur alimentaire des fourrages verts. *Ann. Zootech.*, 19(4): 423-437.
- DEMARQUILLY, C. (ed) (1981). *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants*. Institut National de la Recherche Agronomique. Paris, France. 580 p.
- DIETL, W. (1982). Weeds of pastures and meadows in the European Alps. In: Holzner W. and Numata N. (eds). *Biology and ecology of weeds*, Chapter 32, pp. 375-385. Junk W. Publishers. The Hague.
- DIETL, W. (1988). Habitat et distribution des dicotylédones dans nos prairies permanentes. *Recherche agronom. en Suisse*, 27(2): 117-125.
- DIETL, W. (1990). Une agriculture naturelle grace à une intensité d'utilisation variable. *Anthos*, 3: 39-43.
- DULPHY, J.P. (1987). Fenaison: pertes en cours de récolte et de conservation. In: Demarquilly C. (ed) *Les fourrages secs: récolte, traitement, utilisation*, pp 103-124. INRA. Paris.
- DURU, M. (1992). Bases agronomiques pour gérer les ressources fourragères selon différents objectifs de production et d'utilisation. In: *L'extensification en production fourragère*, pp 77-87. Numéro hors-série de la Revue Fourrages. Compte-rendu des Journées 1992 de l'Association Française pour la Production Fourragère.

- DURU, M., COLOMB, B., CRANSAC, Y., FARDEAU, J.C., JULIEN, J.L. et ROZIERE, M. (1993a). Pédoclimat, fertilisation et croissance des prairies permanentes au printemps. I Variabilité de la nutrition minérale. *Fourrages*, 133: 23-41.
- DURU, M., CALVIERE, I., BALENT, G et LANGLET, A. (1993b). Pédoclimat, fertilisation et croissance des prairies permanentes au printemps. II Précocité du départ en végétation. *Fourrages*, 133: 43-57.
- DUTHIL, J. (1989). *Producción de forrajes*. Ediciones Mundi-Prensa. 4ª edición. Madrid. 367 p.
- DYCKMANS, A. (1989). The potential of white clover its contribution to yield performance of newly established permanent pastures. 1 Notice: analysis over all trial locations. *Das wirtschaftseigene Futter*, 35(1): 29-48.
- EDER, G. (1989). *Yield and mineral nutrient content of forage from permanent grassland in relation to cut and fertilizer application*. Veröffentlichungen-Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, n° 9. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität für Bodenkultur, Vienna, Austria, 158 p.
- ELSASSER, M. and KUNZ, H.G. (1988). Effects of different fertilization on permanent grassland comparing conventional and organic farming. *Das wirtschaftseigene Futter*, 34(2): 107-116.
- FANLO, R. y CHOCARRO, C. (1989). Influencia del "efecto corte" sobre la variación florística y la producción de los prados de dalla: Pirineo Aragonés. *Options Méditerranéennes-Série Séminaires-*, 3: 341-344.
- FERRER, C., AMELLA, A., MAESTRO, M., BROCA, A. y ASCASO, J. (1990). Praderas naturales de regadío de los fondos de valle del Pirineo Central (Huesca): Suelo, manejo, flora, producción y calidad. *XXX Reunión Científica de la S.E.E.P. San Sebastian*, pp. 168-174.
- FERRER, C. (1992). Los pastos del Pirineo Central y su explotación ganadera. *El Campo*, 124:41-46.
- FIALA, J. (1990). Effects of long-continued nitrogen fertilization on nutrient concentration in the soil and herbage of permanent grassland. *Rostlinná Vyroba*, 36(LXIII): 519-528.
- FILLAT, F. (1991). Utilización y conservación del medio natural por los rumiantes en áreas de montaña. En: Bermúdez F.F. (ed) *Nutrición de rumiantes en zonas áridas y de montaña*, pp. 17-28.
- FRAME, J. (1987). The effect of strategic fertilizer nitrogen and date of primary harvest on the productivity of a perennial ryegrass/white clover sward. *Grass and Forage Science*, 42: 33-42.
- GARCIA GONZALEZ, A. (1981). Estudio de las comunidades vegetales de la cuenca alta del río Cares. *Tesis Doctoral*. Facultad de Biología. Universidad de León.
- GARCIA GONZALEZ, A. y NAVASCUES, I. (1989). Effect of management on floristic composition and production on species-rich hay meadows. *Proceedings XVI International Grassland Congress, Nice, France*, II: 1479-1480.
- GARCIA GONZALEZ, A. (1992). Conserving the species rich-meadows of Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 40: 219-232.
- GARCIA NAVARRO, R. (1988). Aspectos agronómicos y composición mineral de los henos, gramíneas, leguminosas y "otras plantas" de prados permanentes de la Montaña de León. *Tesis Doctoral*. Facultad de Biología. Universidad de León.

- GARCIA NAVARRO, R. (1993). Pérdidas de materia seca durante la henificación en las diferentes fracciones botánicas de prados permanentes de montaña. Departamento Producción Animal, León. Mimeografiado, 12 pp.
- GARWOOD, E.A. (1988). Water deficiency and excess in grassland: The implications for grass production and for the efficiency of use of nitrogen. In: Wilkins R.J. (ed) *Nitrogen and Water use by Grassland*, pp. 24-42. AFRC Institute for Grassland and Animal Production, Hurley.
- GAUTHIER, B., GODRON, M., HIERNAX, P. y LEPART, J. (1977). Un type complémentaire de profil écologique: le profil écologique indice. *Canadian Journal of Botany*, 55: 2859-2865.
- GILLET, M. (1984). *Las gramíneas forrajeras. Descripción, funcionamiento, aplicación al cultivo de la hierba*. Editorial Acribia. Zaragoza. 355 pp.
- GIOVANNI, R. (1990). La prairie graminée-trèfle blanc. I Valeur alimentaire du trèfle blanc et de l'association. *Fourrages*, 121: 47-63.
- GOLDSMITH, F.B. (ed) (1986). The hay meadows of the Picos de Europa. *Discussion Papers in Conservation, N° 43*, University College, London, 37 pp.
- GOLOB, A., BERLOZNIK, Z., LESKOSEK, M. and STIBILJ, V. (1989). Effect of fertilizers and cutting time on chemical composition of sward from permanent meadow. *XVI International Grassland Congress, Niza, France*, pp. 769-770.
- GOMEZ-IBARLUCEA, C., GARCIA GOMEZ, A., PRIETO, V. y GONZALEZ ARRAEZ, E. (1981). Fertilización fosfo-potásica en praderas naturales de Galicia y Asturias. *Anales INIA. Serie Agrícola*, 16: 45-55.
- GOMEZ SAL, A. y RODRIGUEZ PASCUAL, M. (1987). La actividad agraria en la Comarca de Riaño. En: Martínez Fidalgo, E.(ed) *Riaño Vive*, pp 148-160. León.
- GOMEZ SAL, A. y RODRIGUEZ PASCUAL, M. (1992). *Cuadernos de la trashumancia. N° 3 Montaña de León*. ICONA. Madrid. 82 p.
- GONZALEZ RODRIGUEZ, A. (1986). El trébol blanco y el fertilizante nitrogenado como fuentes de nitrógeno para la pradera. *XXVI Reunión Científica de la S.E.E.P. Oviedo*, 1, pp. 265-279.
- GONZALEZ RODRIGUEZ, A. (1987a). Contenido de proteína bruta de una pradera de gramínea y trébol blanco sometida a dosis crecientes de nitrógeno. *Pastos*, 17(1-2): 79-88.
- GONZALEZ RODRIGUEZ, A. (1987b). Comparación del nitrato amónico y la urea aplicados en primavera a una pradera mixta. *XXVII Reunión Científica de la S.E.E.P. Mahón-Palma*, pp. 101-114.
- GRABOWSKI, K. (1986). Yields and botanical composition of a natural meadow depending on fertilization and frequency of harvesting. *Acta Acad. Agricult. Techn. Olst. Agricultura*, 43: 109-117.
- GRABOWSKI, K., BENEDYCKI, S. and GRZEGORCZYK, S. (1990). The effect of fertilization and number of mowings on total protein, nitrate and soluble sugar content in meadow herbage. *Acta Acad. Agricult. Techn. Olst. Agricultura*, 51: 53-60.
- GRABOWSKI, K., GRZEGORCZYK, S., MLYNARCZYK, K. and BENEDYCKI, S. (1991). Changes in species composition of meadow sward on peat muck soil depended on fertilization and repeated cutting. *Acta Acad. Agricult. Techn. Olst. Agricultura*, 52: 193-199.

- GRANDI, A. y CAGIOTTI, M.R. (1987). Indagine su alcuni pascoli dei Monti Sibillini. *Annali Fac. Agr. Univ. Perugia*, 41: 643-678.
- GRANDI, A., CAGIOTTI, M.R. y BLASI, F. (1989). Indagine floristica, producttività e valore nutritivo dei prati-pascoli di Ragnolo (Macerata). *Zoot. Nutr. Anim.*, 15: 115-133.
- GRIGNANI, C. (1990). Relazioni tra vegetazione, tecniche colturali e produzione nei prati permanenti della pianura Piemontesa. *Riv. di Agron.*, 24(4): 349-356.
- GROS, A. (1976). *Abonos. Guía practica de la fertilización*. Ediciones Mundi-Prensa. 6ª edición. Madrid. 585 p.
- HEDIN, L., KERGUELEN, M. et MONTARD, F. (1972). *Ecologie de la prairie permanente française*. Monographie 9. Ed. Masson & Cie.
- HILL, M.O. (1979). *TWINSPAN-a fortran program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of individuals and attributes*. Cornell University Ithaca, New York. 90 pp.
- HOLMES, W. (ed) (1989). *Grass. Its production and utilization*. The British Grassland Society by Blackwell Scientific Publications. Second Edition. Oxford. 306 p.
- HOLUBEK, R. and JANCOVIC, J. (1989). Optimization of grassland ecosystem production by anthropogenic treatment. *XVI International Grassland Congress, Nice, France*, pp. 81-82 p.
- HOPKINS, A., GILBEY, J. and DIBB, C. (1984). The response of upland permanent pasture to fertilizer nitrogen. In: O'Toole M.A. (ed) *Hill Land Symposium 1984*, pp. 64-77. An Foras Talúntais, The Agricultural Institute, Galway.
- HOPKINS, A., GILBEY, J., DIBB, C., BOWLING, P.J. and MURRAY, P.J. (1990). Response of permanent and reseeded grassland to fertilizer nitrogen. 1 Herbage production and herbage quality. *Grass and Forage Science*, 45: 43-55.
- HOPKINS, A. (ed) (1993). *Floristic diversity in European Grasslands*. EC-Sponsored International Workshop. IGER Okehampton, O.K. Abstracts, 110 pp.
- HUCHE, L., JOURDAN, O., HNATYSZYN, M., RAMON, J., QUEMENER, J et SALETTE, J. (1990). Nutrition azoté et potassique de peuplements prairiaux: évolution et équilibre à long term. Influence du mode d'exploitation. *Fourrages*, 123: 223-239.
- IRIARTE, E. (1985). Abonado de las praderas naturales. Resultados de la experimentación. *Navarra Agraria*, 9: 54-64.
- JACOB, H. and YOOK, W.B. (1989). Studies on the mixture combination in permanent pasture. I Effects of nitrogen fertilization and cutting management on the botanical composition. *J. Korean Grassl. Sci.*, 9(2): 68-76.
- JARRIGE, R. (ed) (1981). *Alimentación de los Rumiantes*. Institut National de la Recherche Agronomique. Francia. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, 697 p.
- JEANGROS, B. et SCHMID, W. (1991). Production et valeur nutritive des prairies permanentes riches en espèces. *Fourrages*, 126: 131-136.
- JO, I.H. (1989). *Effectiveness of mineral nitrogen fertilizer on yield and plant stand of grassland in the Austrian alpine regions*. Veröffentlichungen-Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein n° 10. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität für Bodenkultur, Vienna, Austria., 192 p.

- JO, I.H. and SCHECHTNER, G. (1990a). Efficiency of mineral nitrogen fertilization on yield and botanical composition of grassland. I Dry matter yield and economical mineral nitrogen application of grassland. *J. Korean Grassl. Sci.*, 10(2): 102-109.
- JO, I.H. and SCHECHTNER, G. (1990b). Efficiency of mineral nitrogen fertilization on yield and botanical composition of grassland. II Seasonal distribution of dry matter yield and economical mineral nitrogen application on grassland. *J. Korean Grassl. Sci.*, 10(3): 158-163.
- JO, I.H. and SCHECHTNER, G. (1990c). Efficiency of mineral nitrogen fertilization on yield and botanical composition of grassland. III The effect of mineral nitrogen fertilization on botanical composition of grassland. *Kor. Turfgrass Sci.*, 4 (2): 133-144.
- JO, I.H. and SCHECHTNER, G. (1991a). Efficiency of mineral nitrogen fertilization on yield and botanical composition of grassland. VI The effect of mineral nitrogen fertilization on dry matter yield and economical mineral nitrogen application of grassland depending on its age. *J. Korean Grassl. Sci.*, 11(2): 97-101.
- JO, I.H. and SCHECHTNER, G. (1991b). Efficiency of mineral nitrogen on yield and botanical composition of grassland. VII Estimation of economical way of mineral nitrogen application depending on difference of annual precipitations in permanent grassland. *J. Korean Grassl. Sci.*, 11(3): 189-194.
- JONGMAN, R.H.G., BRAAK, C.J.F. y Van TONGEREN, O.F.R. (1987). *Data analysis in community and landscape ecology*. Pudoc. Wageningen. 299 pp.
- KRAJCOVIC, V., KLEINERT, J. and ONDRASEK, L. (1988a). Structure functions and stability of grassland ecosystems at different intensities of fertilizations and utilization. 3 Biotic components of grassland ecosystems. *Vedecké práce*, 19: 79-89.
- KRAJCOVIC, V., GARBOCIK, N., FIALA, J. and FOLKMAN, I. (1988b). Structure, functions and stability of grassland ecosystems at different intensities of fertilization and utilization. 4 Primary production and production processes. *Vedecké práce*, 19: 93-103.
- KRALOVEC, J. (1991). Quality of pasture forage at the gradated nitrogen application rates. *Rostlinna Vyroba*, 37: 427-434.
- KLITSCH, C. (1965). *Producción de forrajes*. Editorial Acribia. Zaragoza. 2ª edición. 335 p.
- KRYNSKI, K. (1989). Changes in grassland sward caused by different levels of phosphorus and potassium fertilization after 5 years of application. *XVI International Grassland Congress, Nice, France*, pp. 79-80.
- KRZYWY, E., RABINSKA, H. and JANUKOWICK, H. (1988). Influence of differentiated mineral fertilization on yielding and floristic composition of a grassland sward. *Roczniki Gleboznawcze*, 39(1): 71-71
- KUHBAUCH, W., DAHMEN, P. and THOME, U. (1991). Changes in forage production as a consequence of an alteration from a conventional combination of grazing and cutting to an extensive cutting system at the location of Rengen. *Das wirtschaftseigene Futter*, 37(1+2): 100-112.
- LASANTA MARTINEZ, T. (1989). *Evolución reciente de la agricultura de montaña: El Pirineo Aragonés*. Monografías Científicas, nº 1. Geoforma Ediciones. Logroño. 220 p.
- LAZENBY, A. (1988). The availability and use of nitrogen and water in extensive legume-based systems. In: Wilkins R.J. (ed) *Nitrogen and water use by grassland*, pp. 58-73. AFRC Institute for Grassland and Animal Production, Hurley.

- LECONTE, D. et LEAU, G. (1992). La prairie permanente, de l'intensif à l'abandon. In: *L'extensification en production fourragère*, pp. 106-107. Numéro hors-serie de la revue Fourrages. Compte-rendu des Journées 1992 de l'Association Française pour la Production Fourragère.
- LEMAIRE, G., SALETTE, J. et LAISSUS, R. (1982). Analyse de la croissance d'une prairie naturelle Normande au printemps. I La production et sa variabilité. *Fourrages*, 91: 3-17.
- LIHAN, E., TOMKA, O. and JEZIKOVA, O. (1988). Effect of long-term application of nutrients on representation of botanic groups and dominant species of grasses in a natural grass stand. *Vedecké práce*, 19: 35-51.
- LIHAN, E. and JEZIKOVA, O. (1991). Long-term effect of the nutrition of grassland coenoses. *Vedecké práce*, 21: 64-73.
- LOISEAU, P., TRIBOI, E. et PEPIN, D. (1990). Bilans approchés de l'azote dans les prairies. In: Calvet R. (ed) *Nitrates, agriculture, eau*, pp. 361-366. International Symposium. Institut National de la Recherche Agronomique. France.
- LOPEZ, S. (1990). Características de degradación ruminal de los forrajes en relación con el método de conservación y la composición química y botánica. *Tesis Doctoral*. Universidad de León. Facultad de Veterinaria. 310 p.
- LOPEZ, S., CARRO, M.D., GONZALEZ, J.S. and OVEJERO, F.J. (1991). Rumen degradation of the main forage species harvested from permanent mountain meadows in North-Western Spain. *J. agric. Sci., Camb.*, 117: 363-369.
- MARTIN GALINDO, J.L. (1961). Arcaísmo y modernidad en la explotación agraria de Valdeburón. *Estudios Geográficos*, XXII, 83: 167-220.
- MATEO BOX, J.M. (1992). Presentación del Seminario. En: *Aplicación de abonos y enmiendas en una agricultura ecológica compatible*, pp. 5-6. Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Centro y Canarias. Serie Técnica nº 2. Editorial Agrícola Española.
- MCDONALD, P., EDWARDS, R.A. y GREENHALGH, J.F.D. (1993). *Nutrición animal*. Editorial Acribia. 4ª edición.
- MCDONALD, A.W. (1991). The restoration of ancient hay-meadow communities near Oxford. Mechanisms in Vegetation Dynamics. In: F. Harváth (ed) *Proceedings of 34th IAVS Symposium*. Hungary.
- MEYER, C., HIREL, B., MOROT-GAUDRY, J.F. y CABOCHE, M. (1993). La utilización del nitrógeno en las plantas. *Mundo Científico*, 140: 918-924.
- MIKOLAJCZAK, Z. and NOWAK, W. (1985). Productivity of sward and some chemical properties of soil under conditions of long-term nitrogen fertilization. *Wiad. IMUZ*, XV (2): 123-138.
- MOMBIELLA, F. (1986). Importancia del abonado en la producción de los pastos de la zona húmeda española. *XXVI Reunión Científica de la S.E.E.P. Oviedo*, 1, pp. 213-242.
- MONTSERRAT, P. (1964). Ecología del sistema pastoral. *V Reunión Científica de la S.E.E.P. Jaca-Pamplona*, pp. 119-125.
- MORO, A. (1986). Estudio fisico-químico de los suelos (capa arable) de prados permanentes de la Montaña de León. *Tesis Doctoral*. Facultad de Veterinaria. Universidad de León.

- MORRISON, J. (1988). Grassland production: Fertiliser-N, water and white clover. In: Wilkins R.J. (ed) *Nitrogen and water use by Grassland*, pp. 6-23. AFRC Institute for Grassland and Animal Production, Hurley.
- MUNRO, J.M.M. (1988). Sward management for efficient low input systems. In: *Grassland options for the future: coping with restraints*, pp. 3.1-3.14. British Grassland Society. Winter Meeting. London.
- MUSLERA PARDO, E. y RATERA GARCIA, C. (1991). *Praderas y forrajes. Producción y aprovechamiento*. Ediciones Mundi-Prensa. 2ª edición. Madrid. 674 p.
- NAVASCUES, I. (1986). Estructura y valoración agronómica de los prados de siega de la comarca de Riaño. *Tesis Doctoral*. Facultad de Biología. Universidad de León.
- NICZYPORUK, A. and MORACZEWSKI, R. (1987). Effect of long-term differentiated fertilization on the level of hay yield and its nutritive value. *Roczniki Gleboznawcze*, 38: 175-183.
- NOEL, G. and HNATYSZYN, M. (1991). Pratiques de gestion des prairies et conséquences sur la flora. *Fourrages*, 125: 61-69.
- OSBOURN, D.F. (1980a). El valor de las leguminosas pratenses en la producción de los rumiantes. En: *Producción y utilización de la hierba*. Universidad Internacional Menendez Pelayo. Santander. 7 p.
- OSBOURN, D.F. (1980b). Principios de manejo de los pastos. En: *Producción y utilización de la hierba*. Universidad Internacional Menendez Pelayo. Santander. 9 p.
- PAPANASTASIS, V.P. and KOUKOULAKIS, P.H. (1988). Effects of fertilizer application to grasslands in Greece. *Grass and Forage Science*, 43: 151-158.
- PEREZ PINTO, J.E. (1989). Estudio botánico y mineral de prados permanentes de la cuenca del Bernesga. *Tesis Doctoral*. Facultad de Biología. Universidad de León.
- PEREZ PINTO, M^a. T. (1986). *Influencia de la época y frecuencia del corte en la composición química y botánica de henos de prados permanentes de regadío*. Ed. Excma Diputación Provincial de León. Institución "Fray Bernardino de Sahagún".
- PEREZ PINTO, M^a. T. (1991). Composición botánica y bromatológica de un prado permanente bajo diferentes épocas de siega y dosis de fertilización. *Tesis Doctoral*. Facultad de Biología. Universidad de León. 433 p.
- PIÑEIRO, J. (1992). Racionalización del abono mineral para el cultivo de pastos y prados. En: *Seminario sobre la aplicación de abonos y enmiendas en una agricultura ecocompatible*, pp. 83-89. Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Centro y Canarias. Serie Técnica nº 2. Editorial Agrícola Española. Madrid.
- PUENTE, T. DE LA, RODRIGUEZ, M., CALLEJA, A. y SUAREZ, A. (1981). Influencia de dosis crecientes de de abonado N-P-K en prados de siega de montaña. I Producción. *An. Fac. Vet. León*, 27: 23-31.
- RAMON, J. (1986). *Etude de la fumure NPK d'une prairie de montagne au Col Tamie (Savoie). Synthèse de 10 ans (1977 à 1986)*. S.C.P.A. Aspach-le-Bas, Carnay, Francia. 16 p.
- RAMON, J. et JOURDAN, O. (1986). *Etude de la fumure NPK d'une prairie naturelle dans l'Alsace Bossue a Weislingen (Bas-Rhin). Synthèse de 10 ans: 1977 à 1986*. S.C.P.A. Aspach-le-Bas, Carnay, Francia. 31 p.

- RAMON, J. et JOURDAN, O. (1987). *Etude de la fumure NPK et des amendements Ca et Mg d'une prairie de montagne sur sol granitique acide et humifère de la Margeride. Synthèse de 6 ans: 1982 à 1987*. S.C.P.A. Aspach-le-Bas, Cernay, Francia. 12 p.
- REMON, J. (1976). El prado natural en Santander. Un estudio de productividad y mejora. *Anal. Inst. Est. Agropecuarios*, 2: 85-112.
- RODRIGUEZ, M., CALLEJA, A., PUENTE, T. y SUAREZ, A. (1981). Influencia de dosis crecientes de abonado N-P-K en prados de siega de montaña. II Composición botánica. *An. Fac. Vet. León*, 27: 33-43.
- RODRIGUEZ FERNANDEZ, M.A. (1992). Estructura aérea y subterránea de pastos de montaña en relación con el aprovechamiento. *Tesis Doctoral*. Universidad Complutense de Madrid. 290 p.
- RODRIGUEZ GUEDAS, J., OVEJERO, F.J., ZORITA, E., CARPINTERO, C. y SUAREZ, A. (1968a). Estudios sobre los henos de la montaña leonesa. II Digestibilidad "in vivo" e "in vitro" y valoración energética. *Trabajos de la E.A.E. de León*, 5: 89-117.
- RODRIGUEZ GUEDAS, J., ZORITA, E., SUAREZ, A. y OVEJERO, F.J. (1968b). Estudios sobre los henos de la montaña leonesa. III Influencia de la época de siega sobre el rendimiento de los prados y el valor nutritivo de los henos. *Trabajos de la E.A.E. de León*, 5: 119-132.
- RODRIGUEZ JULIA, M. y DOMINGO, M. (1987). Fertilización nitro-fosfo-potásica en praderas naturales del País Vasco. *Pastos*, 17(1-2): 203-218.
- RODRIGUEZ JULIA, M. y ASCAZIBAR, M. (1988). Potencialidad productiva de las praderas naturales del País Vasco. *XXVIII Reunión Científica de la S.E.E.P. Jaca (Huesca)*. p 265-273.
- RODRIGUEZ JULIA, M. (1992). Nutrición de las praderas. Una cuestión de equilibrio. *El Campo*, 24: 13-16.
- SALETTE, J. (1988). Nitrogen research: Resultats and questions. In: Wilkins R.J. (ed) *Nitrogen and water use by grassland*, pp. 43-57. AFRC Institute for Grassland and Animal Production, Hurley.
- SCHMID, W. et JEANGROS, B. (1990). Prairies de Suisse riches en especies et leur rendement. *Landwirtschaft Schweiz Band*, 3(11): 610-619.
- SHANNON, C.E. and WEAVER, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. Univ. Illinois Press, Urbana.
- SIMPSON, D., WILMAN, D. and ADAMS, W.A. (1988). Response of white clover and grass to applications of potassium and nitrogen on a potassium deficient hill soil. *J. agric. Sci., Camb.*, 110: 159-167.
- SIMPSON, K. (1991). *Abonos y estiércoles*. Editorial Acribia. Zaragoza. 273 p.
- SKOLIMOWSKI, L., LYSZCZARZ, R. et DEMBEK, R. (1989). Efficacité de la fertilisation minérale des prairies en sol alluvial. *XVI International Grassland Congress, Nice, France*, pp. 59.
- SMITH, R.S. (1987). The effect of fertilizers on the conservation interest of traditionally managed upland meadows. *ITE symposium, Institute of Terrestrial Ecology, Natural Environment Research Council N° 23*: 38-43. Dep. Agric. and Environmental Sci., Newcastle Univ., U.K.
- STEVENS, R.J. (1988). Some factors influencing the efficiency of fertiliser nitrogen for grass production in spring. In: Jenkinson D.S and Smith K.A. (eds) *Nitrogen Efficiency in Agricultural Soils*, pp. 177-190. Elsevier Applied Science, London.

- SUAREZ, A. (1951). Influencia del abonado fosfatado en la composición química de los forrajes. *An. Fac. Veterinaria Madrid*, 3: 259-273.
- SUAREZ, A. y SANTOS, A. (1965). Experimento comparando la urea y amonitro como fertilizante de los prados. *Trabajos de la E.A.E. de León*, 2: 303-316.
- SUAREZ, A., CARPINTERO, C., RODRIGUEZ GUEDAS, J., ZORITA, E. y OVEJERO, F.J. (1967). Estudios sobre los henos de la montaña leonesa. I Composición química de las muestras recogidas en heniles. *Trabajos de la E.A.E. de León*, 4: 249-258.
- SUAREZ, A., CARPINTERO, C. y DIEZ BENITO, J. (1975). Fertilización fosfatada de prados naturales. I Influencia de diferentes tipos y dosis de fertilizantes sobre el rendimiento y la rentabilidad del abonado. *Zootechnia*, 24(9-10): 451-466.
- SUAREZ, A., CARPINTERO, C. y RODRIGUEZ, M. (1976). Respuesta de los prados naturales de montaña a distintos tipos y dosis de fertilizantes nitrogenados. *Pastos*, 6(2): 363-375.
- SWIFT, G., MACKIE, C.K., HARKESS, R.D. and FRANKLIN, M.F. (1988). Response of grass in early season to spring-applied phosphate. *Research and Development in Agriculture*, 5(1): 49-52.
- THOMET, P., SCHMID, W. et ROUX, M. (1990). Conservation des prairies riches en espèces: une nouvelle tâche pour l'agriculture Suisse. *Landwirtschaft Schweiz Band* 3(11): 605-609.
- TISDALE, S.L. y NELSON, W.L. (1991). *Fertilidad de los suelos y fertilizantes*. UTEHA. México. 760 p.
- TOTEV, T. and KOEV, K. (1990). Influence of prolonged NPK application on changes in natural grass ecosystems in the upland areas of Central Northern Bulgaria. In: Soil-grassland-animal relationship. *Proceedings of 13th general meeting of the European Grassland Federation. Banská Bystrica, Czechoslovakia*, pp 25.29.
- TROXLER, J. (1987). Influence du mode d'utilisation sur les légumineuses et la qualité de fourrage des prairies et pâturages d'altitude. *5ème réunion du sous-réseau FAO des herbages de montagne. Bled, Yougoslavie*, pp. 15.
- TROXLER, J. (1990). Dynamique de la végétation et productivité des prairies naturelles de montagne en Suisse. *Herba*, 3: 40-45.
- TYSON, K.C., ROBERTS, D.H., CLEMENT, C.R. and GARWOOD, E.A. (1990). Comparison of crop yields and soil conditions during 30 years under annual tillage or grazed pasture. *J. agric. Sci., Camb.*, 115: 29-40.
- UNDERWOOD, E.J. (1983). *Los minerales en la nutrición del ganado*. Ed. Acribia. Zaragoza.
- VAN DER MEER, H.G. (1982). Effective use of nitrogen on grassland farms. In: Corral A.J. (ed) *Efficient Grassland Farming*, pp. 61-68. Occasional Symposium nº 14, British Grassland Society, Hurley, Berks.
- VERTES, F. et SIMON, J.C. (1992). Extensification: Quel rôle pour le trèfle blanc?. In: *L'extensification en production fourragère*, pp. 102-103. Numéro hors-série de la Revue Fourrages. Compte-rendu des Journées 1992 de l'Association Française pour la Production Fourragère.
- VILLE, J. (1871). *Los abonos químicos*. Imprenta Miñón. León. 252 p.
- VOISIN, A. (1967). *Dinámica de los pastos*. Editorial Tecnos. Madrid. 452 p.
- VOISIN, A. (1971). *Productividad de la hierba*. Editorial Tecnos. Madrid. 499 p.

WIEDEMANN, T. (1992). *Quantitative und Qualitative Verluste durch mechanische Bearbeitung an Schnittgut extensivierten Grünlandes*. Diplomarbeit, Institut für Grünlandlehre, Universität Hohenheim (citado por BRIEMLE et al., 1992).

WILKINS, R.J. (1987). Recent developments in grassland production. Journal of the South-West and Central Scotland Grassland Societies. *Green Sward*, 30: 14-23.

WILKINS, R.J., HOPKINS, A., KIRKHAM, F.W., SARGENT, C., MOUNTFORD, O., DIBB, C. and GILBEY, J. (1989). Effects of changes in fertiliser use on the composition and productivity of permanent grassland in relation to agricultural production and floristic diversity. *XVI International Grassland Congress, Nice, France*, pp. 101-102.

YOOK, W.B. and JACOB, H. (1989). Studies on the mixtures combination in permanent pasture. II Effects of cutting management and nitrogen fertilization on the dry matter production. *J. Korean Grassl. Sci.*, 9(3): 129-134.

YOOK, W.B. and JACOB, H. (1990). Studies on the mixture combination in permanent pasture. III Effects of nitrogen fertilization and cutting management on the nutritive value. *Korean J. Dairy Sci.*, 12(1): 33-42.

ZELENA, V. (1988). The influence of intensification factors on the species composition and structure of natural grasslands. *Rostlinna Vyroba*, 34: 147-158.