

2

TRABAJO CIENTÍFICO

CUARENTA AÑOS DE FERTILIZACIÓN EN PRADOS DE LA MONTAÑA DE LEÓN. I. INFLUENCIA SOBRE LA PRODUCCIÓN

M. RODRÍGUEZ¹, R. GARCÍA², S. ANDRÉS² Y A. CALLEJA²

¹Estación Agrícola Experimental. CSIC. Apartado 788. E-24080 León (España)

²Departamento de Producción Animal I. Universidad de León. Campus Vegazana s/n. E-24071 León (España)

RESUMEN

Los prados juegan un papel muy importante en las áreas montañosas pues, a pesar de ocupar una pequeña superficie, son la parte más productiva del territorio que asegura la alimentación invernal del ganado. Por lo tanto cualquier mejora, que afecte a su producción o calidad, implica un aumento del número de animales por explotación que traerá, como consecuencia, una mayor utilización de los pastizales que, a su vez, irá acompañada de una disminución de los incendios y todo ello contribuye a mejorar la rentabilidad y estabilidad de las explotaciones de montaña.

Este trabajo reúne los resultados de producción de nueve ensayos diferentes (algunos publicados parcialmente y otros inéditos) que se agrupan para su estudio en tres grupos. En primer lugar tres ensayos con diferentes dosis de fósforo y dos fertilizantes (Superfosfato de cal y Escorias Thomas); en este mismo grupo se planteó un ensayo de utilización del abono orgánico de vacuno complementado con fósforo.

Después de conocer los niveles de fertilizantes fosfatados necesarios para subsanar la deficiencia de los suelos y alcanzar rendimientos óptimos, se diseñaron otros cuatro ensayos con fertilizantes nitrogenados, en los que se probaron diferentes niveles, tipos (nitrato amónico, urea, sulfato amónico y nitrato sódico) e incluso su fraccionamiento.

Dada la limitación que supone la utilización del diseño de bloques al azar que se utilizó en los ensayos anteriores, a partir del año 1978 se inicia un nuevo ensayo, el más importante y largo, que consiste en un diseño factorial con 64 tratamientos diferentes de los que se recogen 22 en este trabajo. Este ensayo se divide en tres períodos de diez años cada uno: en el primero se realizaron dos cortes al año, en el segundo tres y en el tercero (que se ha programado acabar en el 2007) se mantienen los tres cortes pero fraccionando el nitrógeno.

En relación a los resultados de la fertilización se puede afirmar que el fósforo constituye un elemento esencial para los prados de montaña y su utilización con una dosis de 160 kg P₂O₅ ha⁻¹ permite superar los 10 000 kg MS ha⁻¹ año⁻¹, tanto en dos como en tres

cortes. En compañía del potasio permite aumentar, de forma significativa, los rendimientos de los prados, sobre todo en el segundo y tercer corte. Además, el abonado fosfórico y fósfo-potásico presenta la ventaja de una distribución más homogénea de la biomasa a lo largo del ciclo productivo, disminuyendo la producción de Junio y aumentando la de Setiembre (dos cortes) o bien Julio y Setiembre con tres aprovechamientos.

El nitrógeno se sitúa en un segundo nivel de importancia, incrementando significativamente los rendimientos, sobre todo en el primer corte, y más aún si va acompañado del abonado fosfatado. Los elevados rendimientos alcanzados por la fertilización fósfo-potásica sólo son superados, aunque de forma ligera, por la fertilización nitro-fosfórica y nitro-fósfo-potásica. Sin embargo, ello implicaría una alta aportación de nitrógeno con elevado coste energético. No se aprecian diferencias significativas entre las tres formas de aplicar el nitrógeno: nitrato amónico, sulfato amónico o nitrato sódico. La fertilización nitro-fosfórica y nitro-fósfo-potásica presenta el inconveniente de una marcada estacionalidad, aumentando los rendimientos en el primer corte, en detrimento de los de Setiembre (dos cortes) o Julio y Setiembre con tres aprovechamientos.

Por su parte el potasio adquiere una importancia creciente a medida que se incrementa la frecuencia de siega y se fracciona el nitrógeno.

En cuanto a la frecuencia de siega se puede concluir que una intensificación en el aprovechamiento del prado (paso de dos a tres cortes) no resultó significativa, aunque se presentaba una tendencia a aumentar los rendimientos con la fertilización fósfo-potásica; por el contrario, los nitrogenados y nitro-potásicos son los que más deprimen la producción en tres cortes.

Palabras clave: Abonos, fertilizantes

INTRODUCCIÓN

La región natural denominada Montaña Leonesa, que ocupa todo el norte de la provincia de León, engloba a 37 municipios y cuenta con una superficie de 440 000 ha (28,4% del total provincial). La economía de este amplio territorio, igual que en otras zonas de montaña peninsulares se basa, desde la antigüedad, en la utilización directa a diente por el ganado, durante el verano, de las zonas elevadas -pastos de altura y puertos- y el mantenimiento invernal del mismo, estabulado en el valle -caso del vacuno-, o bien, como en el ovino, mediante la trasterminancia hacia las tierras bajas del sur de la provincia o una trashumancia a tierras más lejanas, como Extremadura. En el primero de los casos, la dimensión de la cabaña depende de la hierba que se ha almacenado para la internada en forma de heno o, cada día más frecuentemente, de ensilado.

Dicho forraje es obtenido, normalmente, en los prados de siega, generalmente de regadío, situados en las mejores tierras de los valles. Los prados ocupan una superficie de 32 000 ha, que viene a representar un 7% de la superficie de la montaña. A pesar de ser una superficie muy pequeña, en relación a otras unidades del territorio, tiene una extraordinaria importancia por su productividad y valor estratégico para asegurar la invernada. Por ello, actúa como factor limitante y decisivo de la economía ganadera.

En la actualidad, la trashumancia apenas tiene importancia -unas 8 000 ovejas- y aunque la trasterminancia mantiene cierta entidad en algunas zonas (Rodríguez, 2001), en conjunto, la utilización actual de los pastos es insuficiente por la disminución de los movimientos estacionales y de la cabaña estante, como consecuencia de la despoblación y envejecimiento de la población que se viene produciendo en las últimas décadas. Por ello, se ha roto el equilibrio tradicional entre los pastos de altura y los 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.

Para restablecer dicho equilibrio y aprovechar adecuadamente la producción de los puertos y zonas altas, habría que aumentar la producción de los valles; sin embargo, los prados se utilizan en su totalidad pero de forma poco racional y con rendimientos bajos. El sistema tradicional de explotación de los mismos en la montaña leonesa ha sido muy rutinario y presenta algunos inconvenientes. El primer corte o siega se realiza generalmente muy tarde (Julio) con lo cual la hierba se encuentra muy embastecida y presenta un escaso valor nutritivo. Posteriormente, en Setiembre-Octubre, se realiza un pastoreo del rebrote hasta la estabulación del ganado. Ocasionalmente, en prados de regadío con buena otoñada y con tiempo estable, se realiza un segundo corte en lugar del pastoreo. Sin embargo, como consecuencia del retraso en el primer aprovechamiento, los prados apenas tienen tiempo de recuperarse quedando privado el ganado de un rebrote, para heno, de gran valor nutritivo por el elevado porcentaje de leguminosas que contiene. Además, estos prados apenas reciben otro abono que no sea el orgánico y no cuentan eficazmente con una herramienta fundamental como es la fertilización mineral que, utilizada racionalmente y acompañada de otras mejoras fáciles de realizar (aumento del número de cortes, adelanto de la época de siega, conservación adecuada del forraje), permitiría producir un incremento notable de la cantidad y calidad de la reserva invernal con costes moderados, que daría lugar a un aumento sustancial de los censos de animales estantes y una reducción importante de los movimientos ganaderos (sobre todo trasterminancia). Todo ello ayudaría a fijar a una población joven en estas zonas, con explotaciones más rentables, a la vez que permitiría una mejor utilización del territorio mediante sistemas extensivos, que redundaría en una mejor conservación de los valiosos paisajes y ecosistemas de montaña.

Los estudios sobre los abonos químicos o minerales y su aplicación a los prados cuentan en León con importantes antecedentes. Ya en el año 1860 el catedrático y director de la Escuela Profesional de Veterinaria de León, Bonifacio de Viedma y Lozano, publica 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 en los prados. Por otra parte, el leonés Pedro Fernández Soba traduce del francés la tercera edición de "*Los Abonos Químicos*" de Jorge Ville, que se publica por la Sociedad Económica Leonesa de Amigos del País, en 1871. Este autor francés fue uno de los precursores de las recomendaciones para la fertilización de cultivos basadas en pruebas de campo. 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.

También el estudio de los prados tiene una gran tradición en León, siendo numerosas las tesis doctorales que sobre diferentes aspectos de los mismos se han realizado en las últimas décadas (Carpintero, 1966; Calleja, 1975; García González, 1982; Moro, 1986; Navascués, 1986; García Navarro, 1988; Pérez Pinto, 1989; Pérez Pinto, 1991; Alonso Rodríguez, 1994; Rodríguez Pascual, 1994; López Mariño, 1997; Bochi Brum, 2001; Andrés Llorente, 2003).

Conscientes de la enorme importancia de los prados de siega en la economía de la montaña leonesa y con el afán de mejorarlos y aumentar su producción y calidad, a comienzos de los años sesenta del pasado siglo, un grupo de investigadores de la antigua Cátedra de Agricultura de la Facultad de Veterinaria (ahora englobados en el Departamento de Producción Animal I) y de la Estación Agrícola Experimental (E.A.E.-C.S.I.C.) de León, iniciaron diferentes ensayos de fertilización mineral en prados de montaña, que aún continúan en la actualidad. A lo largo de cuatro décadas, muchos resultados han visto la luz o en diferentes revistas especializadas o han dado lugar a tesis doctorales, no obstante otros muchos aún no han sido publicados total o parcialmente.

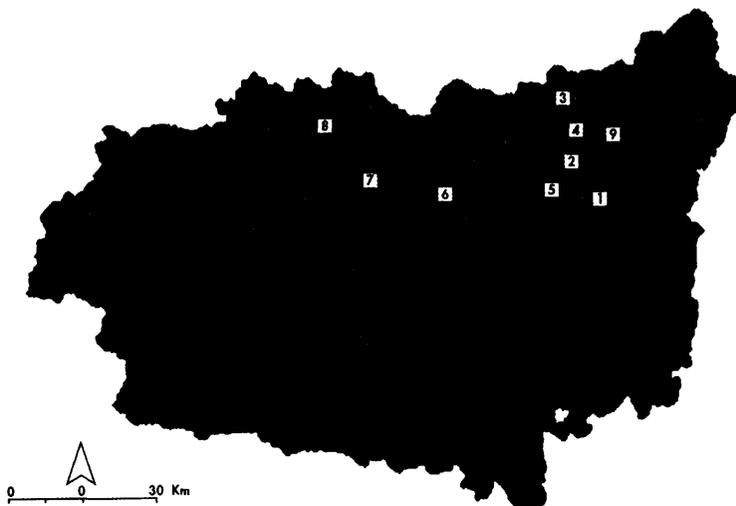
Este trabajo pretende aportar, de forma ordenada y concisa, todos los datos obtenidos respecto a la influencia de la fertilización mineral sobre la producción, composición botánica y valor nutritivo de la hierba obtenida en prados de la Montaña de León, con el fin de tener acceso a datos que hasta el momento han permanecido dispersos y, a veces, inéditos.

MATERIAL Y MÉTODOS

En este trabajo se exponen los resultados de producción de nueve ensayos de fertilización mineral en prados de montaña, iniciados en el año 1964 y que continúan en la actualidad. En total, a lo largo de estos años se han utilizado 139 tratamientos y 364 parcelas experimentales. Los ensayos se distribuyen por toda la montaña Leonesa (ver Mapa 1), de la siguiente manera: seis en la montaña oriental; de ellos, los ensayos nº 1 (Grandoso), 2 (Valdecastillo), 3 (Puebla de Lillo), 4 (Reyero) y 5 (Boñar), se localizan en la cuenca del río Porma y el nº 9 (Las Salas) en la del río Esla. En la montaña central, se emplaza el ensayo nº 6 (Beberino) y, en la montaña occidental, el nº 7 (El Castillo) en la comarca de Omaña y el nº 8 (Villasecino) en la de Babia.

Los ensayos se sitúan a diferentes alturas comprendidas entre los 979 m y los 1 180 m y se asientan sobre suelos con diferentes características cuyo pH oscila de 5,8 a 7,2. El diseño experimental más utilizado (ensayos 1 al 8) es el de bloques al azar, generalmente con cuatro repeticiones; por el contrario en el ensayo 9, se ha empleado un diseño factorial. El número de cortes o aprovechamientos de la hierba varió de 1 a 3, según los ensayos. La duración normal de los mismos es de tres años, con excepción del nº 9 que comenzó en el año 1978 y aún perdura en la actualidad (Tabla 1).

Para esta síntesis, los nueve ensayos se agrupan en tres grandes grupos dentro de cada uno de los cuales se dan las características y tratamientos utilizados.



MAPA 1. Ubicación de los ensayos.
Trials sites.

TABLA 1
Características de los ensayos.
Features of the trials.

Situación	Ensayo 1 Grandoso	Ensayo 2 Valdecastillo	Ensayo 3 Puebla de Lillo	Ensayo 4 Reyero	Ensayo 5 Boñar	Ensayo 6 Beberino	Ensayo 7 El Castillo	Ensayo 8 Villasecino	Ensayo 9 Las Salas
Localización	42°51'0N 5°16'0W	42°55'0N 5°19'0W	43°0'0N 5°16'0W	42°57'0N 5°12'0W	42°52'0N 5°19'0W	42°52'0N 5°40'60W	42°46'60N 6°1'0W	42°57'0N 6°1'0W	42°55'60N 5°5'60W
Altitud	1 080	1 130	1 136	1 160	979	1 040	1 080	1 180	1 010
Diseño	bloques al azar	bloques al azar	bloques al azar	bloques al azar	bloques al azar	bloques al azar	bloques al azar	bloques al azar	factorial 4 ³
Repeticiones	3	4	4	4	5	4	4	4	0
Nº Tratamientos	8	8	8	5	8	10	10	18	64
Nº Cortes	1 (J)	1 (J)	1 (J)	2 (J y S)	2 (J y S)	2 (J y S)	2 (J y S)	2 (J y S)	2 (J y S) y 3 (J, JI y S)
Parcela	54 m ²	60 m ²	60 m ²	32 m ²	60 m ²	60 m ²	60 m ²	60 m ²	24,5 m ²
Duración	4 años	4 años	2 años	3 años	1 año	3 años	3 años	3 años	26 años
ANÁLISIS DEL SUELO									
pH	6,7	5,8	6,0	6,0	7,2	6,5	6,1	6,9	6,7
M.O. (%)	13,7	6,4	25,2	11,6	6,7	8,5	11,1	21,1	12,2
Nitrógeno (%)	0,71	0,25	0,60	0,48	0,38	0,45	0,58	0,91	0,62
Relación C/N	11,2	14,5	24,6	12,5	10,4	11,0	9,6	13,5	11,4
P₂O₅ mg/100 g	1,2	2,8	2,8	4,1	5,1	1,7	3,8	6,0	5,8
K₂O mg/100 g	10,8	13,1	12,0	2,5	12,9	17,2	38,9	27,5	11,3

J = Junio, S = Setiembre; JI = Julio

1. Fertilización fosfatada

1.1. Distintas fuentes de fósforo

Diferentes estudios acerca de los suelos de la montaña leonesa sobre los que se asientan los prados (Lucena *et al.*, 1961; Carpintero, 1966; Moro, 1986), demuestran que se caracterizan, en general, por un pH (en agua) ligeramente ácido, carácter orgánico y alto grado de humificación, estando bien provistos de nitrógeno y potasio, pero con una deficiencia clara y generalizada de fósforo (Álvarez *et al.*, 1990). Hay que tener en cuenta que el prado funciona como un sistema abierto y, por tanto, sufre un intercambio constante de materia y de energía con el exterior. En este sentido existe una pérdida de fósforo, nitrógeno y potasio, aunque compensada, parcialmente, 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).

Por tanto, teniendo en cuenta que el fósforo es un elemento básico para la nutrición y el crecimiento de las plantas prateras, pero también para el mantenimiento de la salud de los animales (su deficiencia en la dieta produce raquitismo, esterilidad, etc.), se plantearon una serie de experiencias para estudiar el efecto de la fertilización fosfatada en la mejora de estos prados (Suárez *et al.*, 1975).

El estudio fue realizado, simultáneamente, en tres prados de montaña en la cuenca del río Porma (ensayos nº 1, 2 y 3). En ellos se analizan los efectos de tres dosis de fósforo (100, 130 y 160 kg P₂O₅ ha⁻¹ año⁻¹) y dos tipos de fertilizantes fosfatados (Superfosfato de cal y Escorias Thomas). A estos tratamientos se añadió un testigo, sin ningún tipo de fertilizante, y un abonado de fondo con nitrógeno y potasio (60 y 80 kg ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente). La producción se ha medido únicamente en el corte de Junio, ya que en el otoño los prados eran pastoreados.

1.2. Utilización del abonado orgánico complementado con fertilizantes fosfatados

Por otro lado, conscientes de la importancia de los abonos orgánicos para el mantenimiento de la fertilidad de los prados y teniendo en cuenta su deficiencia, sobre todo, en fósforo, se planteó una experiencia de complementación del abono orgánico (estiércol de vaca) con fertilizantes fosfatados.

En este ensayo se utilizaron cinco tratamientos: un testigo que sólo llevaba estiércol (aproximadamente 25 000 kg ha⁻¹ añadidos en el otoño) y cuatro tratamientos más con la misma cantidad de estiércol a los que se añadieron 0, 30, 60 y 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Todos los tratamientos, excepto el testigo, llevaban además 30 kg de K₂O ha⁻¹.

2. Fertilización nitrogenada

Una vez conocidos los niveles necesarios de fósforo para subsanar la deficiencia de este elemento en los suelos de los prados y las dosis óptimas que hacían compatible una buena producción con una composición botánica adecuada y un valor nutritivo aceptable, se iniciaron otra serie de experiencias con fertilizantes nitrogenados.

Se sabe que el nitrógeno es un factor esencial para el crecimiento de las plantas, la obtención de buenos rendimientos y que ejerce 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 un crecimiento activo.

Los ensayos se realizaron con diferentes tipos y dosis de fertilizantes nitrogenados con el fin de conocer el efecto de este elemento sobre las producciones y la calidad de la hierba. También se introdujo, como variable, la forma de aporte del nitrógeno: de una sola vez en primavera con el resto de los fertilizantes, o bien, de forma fraccionada (en primavera y después del primer corte).

El primer ensayo en el que se utilizó el nitrógeno como fertilizante fue planteado hace cuarenta años por Suárez y Santos (1965) y en él se comparó el nitrato amónico del 20,5% con la urea del 45% (ensayo nº 5). Las dosis de nitrógeno utilizadas, en ambos tipos, fueron 40, 60 y 80 kg de N ha⁻¹ año⁻¹. En todas las parcelas experimentales, a excepción del testigo sin fertilizante, se aplicó un abonado de fondo de fósforo y potasio (108 y 75 kg ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente), completando el octavo tratamiento la parcela que servía de referencia al abonado de fondo.

Este ensayo, aunque solo duró un año y los rendimientos están expresados en materia fresca, lo que hace difícil la comparación con otros experimentos, fue pionero en su época y precursor de otros ensayos, por lo que creemos que merece la pena que figure en este trabajo.

Algunos años más tarde, en 1973, se plantearon tres ensayos (nº 6, 7 y 8) en tres localidades de la montaña leonesa para investigar la respuesta de los prados a diferentes tipos, dosis y forma de aporte de fertilizantes nitrogenados. En los tres prados se ensayaron cuatro niveles de nitrógeno: 60, 100, 140 y 180 kg ha⁻¹, que se aportaron en forma de nitrato amónico cálcico (20,5%). Los mismos tratamientos se repitieron fraccionando el nitrógeno de modo que un 40% del mismo se aportó después del primer corte. Todas las parcelas experimentales llevaban un abonado de fondo de fósforo y potasio (130 y 80 kg ha⁻¹ respectivamente), por lo que aparte del testigo, sin ningún tipo de fertilizante, en cada ensayo existía otro del abonado de fondo.

En el ensayo nº 8 (Villasecino), aparte de utilizar los anteriores niveles de nitrógeno y su fraccionamiento o no, se experimentaron, con idénticas dosis de nitrógeno y añadidas de una sola vez, otros dos fertilizantes nitrogenados: el sulfato amónico y el nitrato sódico o de Chile (Suárez *et al.*, 1976).

3. Fertilización N x P x K

Como hemos, visto hasta el año 1975 se plantearon ensayos de fertilización con el diseño de bloques al azar, en los que se trabajó con diferentes niveles y tipos de fertilizantes nitrogenados y fosfatados, pero dejando siempre fijo un abonado de fondo nitro-potásico (ensayos de fertilización fosfatada) o fósfo-potásico (ensayos de fertilización nitrogenada), lo que limitaba mucho la información obtenida. Por tanto, a partir de 1978 se inició un nuevo ensayo (nº 9) en la localidad de Las Salas, en la montaña de Riaño (de la Puente *et al.*, 1981), y que aún continúa en la actualidad.

Este ensayo, consiste en un diseño factorial 4^3 en el que los 64 tratamientos diferentes son el resultado de todas las combinaciones posibles de los tres fertilizantes (N x P x K) y sus cuatro dosis, que para el nitrógeno y el potasio son: 0, 60, 120 y 180 kg ha⁻¹ año⁻¹ y para el fósforo: 0, 80, 160 y 240 kg ha⁻¹ año⁻¹. Este tipo de diseño permite conocer no sólo los rendimientos o efectos debidos a cada fertilizante, sino también entre las distintas combinaciones (binarias y ternarias) y sus dosis.

En este ensayo de larga duración se pueden considerar tres períodos bien definidos: el primero desde 1978 a 1987, en que se realizaron dos cortes al año; el segundo desde 1988 a 1997, en que se efectuaron tres cortes y, un tercer período, desde 1988 hasta la actualidad, en que se han mantenido los tres cortes, pero se ha fraccionado el aporte de nitrógeno, de modo que dos tercios del mismo se añadían con el resto de los abonos en Marzo/Abril y el tercio restante después del primer corte. En los tres períodos citados han permanecido invariables los niveles de fertilización en cada una de las parcelas.

No obstante, para el presente estudio se han utilizado 22 tratamientos de los 64 que componen el diseño general. De este modo ha sido posible abordar el estudio con el mínimo de tratamientos evitando, de esta forma, la complejidad de todas las combinaciones posibles pero sin perder información (Rodríguez, 1994; Rodríguez, *et al.*, 1996) Así se pueden comparar mejor los resultados con los otros ensayos.

Aparte del testigo sin fertilizar, las dosis (N, P₂O₅ y K₂O, kg ha⁻¹ año⁻¹) y los tratamientos considerados fueron las siguientes:

N (60, 120 y 180)

P₂O₅ (80, 160 y 240)

K₂O (60, 120 y 180)

N-P₂O₅ (60-80, 120-160 y 180-240)

N-K₂O (60-60, 120-120 y 180-180)

P₂O₅-K₂O (80-60, 160-120 y 240-180)

N-P₂O₅-K₂O (60-80-60, 120-160-120 y 180-240-180).

Las siegas, en el caso de un corte único, se realizaban entorno a la última semana de junio o primera de Julio; en el caso de dos cortes, en la última semana de Junio y la primera de Setiembre; y cuando se realizaron tres aprovechamientos, las fechas más frecuentes fueron: primera semana de Junio y en la última de Julio y Setiembre.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Fertilización fosfatada

1.1. Efecto de diferentes tipos y dosis de fertilizantes fosfatados sobre la producción

En la Tabla 2 se presentan los rendimientos medios de cuatro años, de tres dosis y dos tipos de fertilizantes fosfatados (superfosfatos de cal y escorias Thomas), en los ensayos nº 1, 2 y 3, en el aprovechamiento de Junio.

TABLA 2
Producción media de la hierba (kg MS ha⁻¹) obtenida en el corte de Junio de prados fertilizados con superfosfatos o escorias Thomas (Ensayos 1, 2 y 3).
Herbage average yield (kg DM ha⁻¹) obtained in June from meadows fertilized with superphosphate or basic slag (Trials 1, 2 and 3).

	Grandoso	Valdecastillo	Puebla de Lillo
T	4 206	5 622	4 080
NK	6 194	7 567	6 591
NKP1	7 124	7 966	7 805
NKP2	7 398	7 746	8 384
NKP3	7 634	7 232	8 565
NKP'1	7 435	7 624	8 171
NKP'2	8 064	7 611	8 641
NKP'3	7 287	7 543	8 319

NK= Abonado de fondo 60 kg N y 80 de K₂O ha⁻¹ año⁻¹

P1, P2 y P3= Superfosfatos de Cal (100, 130 y 160 kg P₂O₅ ha⁻¹ año⁻¹)

P'1, P'2 y P'3= Escorias Thomas (100, 130 y 160 kg P₂O₅ ha⁻¹ año⁻¹)

Haciendo una síntesis de los resultados, que han sido publicados en su totalidad (Suárez *et al.*, 1975), se puede afirmar que la respuesta a las diferentes dosis de fertilizantes se tradujo, en estos prados, en un aumento sustancial de la producción. Así en el ensayo nº 1 (Grandoso), los incrementos mayores, respecto al testigo, fueron en la

dosis más alta de superfosfatos (P3) y con la dosis media de escorias (P'2). En el ensayo n° 3 (Puebla de Lillo), los incrementos fueron aún superiores y se repitieron en las mismas dosis: la más alta (P3) de superfosfato y la media (P'2) de escorias. Por tanto, la efectividad del abonado fue clara y significativa a lo largo de la experiencia en estos dos ensayos (1 y 3), mientras que en el ensayo n° 2 (Valdecastillo), los aumentos de la producción no fueron significativos y los valores mayores se consiguieron con la dosis más baja de superfosfato (P1) y de escorias (P'1).

Las dos formas de fertilizantes (superfosfato y escorias) fueron para estos suelos neutros o débilmente ácidos, de igual eficacia (no hubo entre ambas formas diferencias significativas), aunque con una ligera ventaja de las escorias, que en sus dosis medias (ensayos 1 y 3) obtuvieron los mayores rendimientos del experimento (8 064 y 8 641 kg ha⁻¹, respectivamente).

Según los autores de este ensayo (Suárez *et al.*, 1975) sólo la dosis más baja de fósforo (100 kg P₂O₅ ha⁻¹) fue rentable. Estableciendo que el óptimo económico de la fertilización, en el suelo más deficiente en fósforo (ensayo n° 1), osciló a lo largo de la experiencia entre 84 y 102 kg de P₂O₅ ha⁻¹. En el ensayo con contenido inicial de fósforo asimilable en el suelo más alto (ensayo n° 2), el óptimo se encontró alrededor de los 56 kg de P₂O₅ ha⁻¹ año⁻¹.

Además, afirman los autores, que estas deficiencias de fósforo en los suelos, se corrigen en los dos o tres primeros años del ensayo, pudiendo quedar posteriormente reducido el aporte de fósforo a una dosis anual de mantenimiento de unos 60-80 kg ha⁻¹ para compensar las pérdidas.

Estos tres experimentos, presentan dos limitaciones importantes que hacen que no se manifiesten con claridad las diferencias de producción debidas a los fertilizantes fosfatados. Por un lado, las dosis de fósforo estaban bastante próximas (100, 130 y 160 kg ha⁻¹ año⁻¹) y, por otro lado, sólo se recogió el corte de Junio, dejando sin contabilizar el de Setiembre, que puede suponer, como mínimo, un 30% de la producción total y es donde, precisamente, el abonado fosfatado tiene una mayor influencia y eficacia.

1.2. Efecto sobre la producción del abonado orgánico de vacuno complementado con diferentes dosis de fertilizantes fosfatados

En la Tabla 3, se presentan los rendimientos, medios de tres años, conseguidos en los aprovechamientos de Junio y Setiembre y en la suma de ambos, de los cinco tratamientos experimentales del ensayo n° 4.

Por otra parte, en la Tabla 4 se exponen las características del análisis de la varianza de este ensayo; en la misma se ve que el abonado, tanto orgánico como mineral, no tiene ningún efecto significativo sobre la producción. Sólo si introducimos el factor corte, se aprecia en la varianza diferencias significativas entre los dos aprovechamientos (Junio y Setiembre).

TABLA 3

Producción media de hierba (kg MS ha⁻¹) obtenida en prados abonados simultáneamente con estiércol y superfosfatos (Ensayo 4).

Herbage average yield (kg DM ha⁻¹) obtained from meadows fertilized simultaneously with manure and superphosphate. (Trial 4).

	Junio	Setiembre	Total
Estiércol	6 354	3 643	9 997
EK	6 717	3 562	10 279
EKP1	6 648	3 762	10 410
EKP2	6 871	3 777	10 648
EKP3	6 323	3 663	9 986
sig.	ns	ns	ns
e.e.d.	425	185	482

K= 30 kg de K₂O ha⁻¹

P1, P2 y P3= 30, 60 y 120 kg P₂O₅ ha⁻¹ año⁻¹

sig= nivel de significación; e.e.d.= error estándar de la diferencia

ns = no significativo

TABLA 4

Análisis de varianza para la producción media total anual de hierba (Ensayo 4).

Analysis of variance herbage average total annual yield (Trial 4).

	Producción Total
General:	
F _{ANOVA}	ns
R ²	0,05
Abonado	ns
Corte como factor:	
F _{ANOVA}	***
R ²	0,78
Corte	***(87%)
Abonado	ns
Corte*Abonado	ns

En este ensayo -que permanecía sin publicar-, pretendíamos reducir al mínimo el aporte de fertilizantes minerales, restringiéndolos únicamente al fósforo y potasio y con dosis bajas. De esta forma, se podría seguir utilizando el abonado orgánico de forma más racional y mejorar la productividad de los prados. No obstante, como se observa en la Tabla 3, los resultados, fueron bastante decepcionantes, ya que no se encontraron diferencias significativas entre ningún tratamiento. El mayor incremento de producción fue de apenas un 8% en el corte de Junio (6 871 kg) y 4% en el de Setiembre (3 777 kg) en el tratamiento Estiércol + 60 kg P₂O₅+ 30 kg de K₂O.

Las causas de esta baja respuesta al abonado orgánico y mineral, pueden deberse en el hecho de que se trataba de un prado muy estercolado con anterioridad (por ello el testigo da un rendimiento muy alto: 6 354 y 3 643 kg MS ha⁻¹ en Junio y Setiembre, respectivamente) y a que presentaba problemas de drenaje, produciéndose encharcamientos acusados con el agua de lluvia o los riegos. Aunque estos problemas trataron de solucionarse con ligeras obras de saneamiento, el resultado no fue el apetecido.

2. Fertilización nitrogenada

2.1. Comparación del nitrato amónico y la urea como fertilizantes nitrogenados

En la Tabla 5, se presentan los rendimientos (en kg materia fresca ha⁻¹) del ensayo n° 5, con tres dosis diferentes de dos fertilizantes nitrogenados: uno clásico (nitrato amónico cálcico del 20,5%) y el otro, la urea del 45%, recién introducida por entonces en el mercado nacional. Ensayo, de un año de duración, pero con un adecuado planteamiento experimental (bloqueas al azar con cinco repeticiones) y que fue publicado hace cuarenta años (Suárez y Santos, 1965), supuso una primera aproximación a la experimentación con fertilizantes en los prados de la montaña Leonesa.

TABLA 5

Producción media de hierba (kg materia fresca ha⁻¹) obtenida en prados abonados con nitrato amónico cálcico o con urea (Ensayo 5).

Table 5. Herbage average yield (kg fresh matter ha⁻¹) obtained from meadows fertilized with ammonium nitrate or urea (Trial 5).

	Junio	Setiembre	Total
T	12 288	9 203	21 491
PK	19 529	10 426	29 955
PKN1	25 609	10 212	35 821
PKN2	25 536	14 109	39 646
PKN3	24 865	15 190	40 055
PKU1	23 085	13 066	36 151
PKU2	23 699	15 574	39 273
PKU3	24 933	16 566	41 499

PK= abonado de fondo 108 kg P₂O₅ y 75 de K₂O ha⁻¹ año⁻¹

N1, N2 y N3= nitrato amónico cálcico (40, 60 y 80 kg N ha⁻¹ año⁻¹)

U1, U2 y U3= Urea (40, 60 y 80 kg N ha⁻¹ año⁻¹).

En este trabajo pudo observarse que la fertilización nitrogenada aumenta significativamente la producción total (Junio más Setiembre), en comparación con el abonado de fondo (PK), entre un 20% (N1) y 34% (N3) con el nitrato amónico y entre un

21% (U1) y 39% (U3) con la urea; si la comparación se hace con el testigo, los incrementos son mucho mayores (hasta un 86% y 93%) con la dosis más alta (80 kg N ha⁻¹ año⁻¹) de nitrato amónico y urea respectivamente, respecto al testigo, sin ningún tipo de fertilizante.

Como se observa en la Tabla 5, la producción más alta se consigue con la dosis más elevada de urea (U3), pero no se establecen diferencias significativas entre los rendimientos obtenidos con ambas formas de fertilización nitrogenada.

2.2. Efecto de diferentes tipos, dosis y formas

2.2.1. Resultados generales de producción

En las Tablas 6, 7 y 8 se presentan los resultados de los ensayos n° 6, 7 y 8 con los efectos de cuatro dosis diferentes de fertilizantes nitrogenados y dos formas de aporte (de una vez o fraccionado) en un sistema de explotación de dos cortes (Junio y Setiembre). En la Tabla 9, y de una forma global con los datos de los tres ensayos, se muestran las características del análisis de la varianza y porcentaje de variación explicada por cada una de las variables y su significación. Dicho análisis refleja, de forma general, que las dosis de fertilizantes nitrogenados son el factor que explica la mayor parte de la variación en la producción. La incidencia del lugar donde se realizó cada ensayo y la interacción del fertilizante con el lugar, aunque significativos, mostraron una importancia muy pequeña a la hora de explicar la variación de la producción; por último, cabe destacar que no existió influencia al aportar el fertilizante de forma única o fraccionado.

Por otro lado, en la Tabla 10 se desglosan cada uno de los factores de variación que se tuvieron en cuenta a la hora de realizar el análisis de la varianza.

En relación con la fertilización, que es el factor que más influencia tuvo sobre la producción, se aprecia, en las medias de los tres ensayos, que el abonado PK incrementó significativamente la producción, en un 15,3% sobre el testigo. Por su parte, los fertilizantes nitrogenados también lo hacen significativamente, entre un 12,6% (N1) y un 28,1% (N4), respecto al abonado de fondo (PK). Además, se observa, que dentro de los niveles de N se establecen dos grupos: uno con los tratamientos N1 y N2, y otro con N3 y N4; entre ambos grupos se establecen diferencias significativas, pero no entre los distintos niveles del mismo grupo.

Igualmente (Tabla 10) se aprecia claramente que no existen, en conjunto, diferencias significativas entre aportar el abonado nitrogenado de una vez o fraccionado en dos veces. También se observa, que el lugar o emplazamiento del ensayo tiene una cierta importancia, ya que las mismas dosis de fertilizantes originaron unos rendimientos más bajos en el ensayo 6 (quizás afectó de forma decisiva el factor riego, con alguna deficiencia durante el verano), mostrando este ensayo diferencias significativas con los n° 7 y 8. A su vez, entre estos dos últimos ensayos no hubo diferencias significativas, aunque el ensayo n° 8 mostró una respuesta más eficaz al fertilizante nitrogenado.

TABLA 6

Producción media de hierba (kg MS ha⁻¹) obtenida cuando el fertilizante nitrogenado se aplicó de una sola vez o fraccionadamente (Ensayo 6).

Herbage average yield (kg DM ha⁻¹) obtained when N fertilizer was applied in one go or divided in two fractions (Trial 6).

	Único			Fraccionado		
	Junio	Setiembre	Total	Junio	Setiembre	Total
T	5 083c	1 815bc	6 898c	5 083b	1 815cd	6 898d
PK	5 989bc	1 566c	7 555bc	5 989ab	1 566d	7 555cd
PKN1	7 078ab	1 899bc	8 977ab	6 171ab	2 318b	8 489bc
PKN2	6 795ab	2 028ab	8 823ab	6 454a	2 152cb	8 606bc
PKN3	8 044a	2 060ab	10 104 ^a	7 164a	2 703a	9 867a
PKN4	7 328ab	2 374a	9 702 ^a	6 985a	2 706a	9 691ab
sig.	**	**	**	**	**	**
e.e.d.	552	151	550	463	129	447

PK= abonado de fondo 130 kg P₂O₅ y 80 de K₂O ha⁻¹ año⁻¹

N1, N2, N3 y N4 (60, 100, 140 y 180 kg N ha⁻¹ año⁻¹)

sig= nivel de significación; e.e.d.= error estándar de la diferencia

** Significación al 99%

TABLA 7

Producción media de hierba (kg MS ha⁻¹) obtenida cuando el fertilizante nitrogenado se aplicó de una sola vez o fraccionadamente (Ensayo 7).

Herbage average yield (kg DM ha⁻¹) obtained when N fertilizer was applied in one go or divided in two fractions (Trial 7).

	Único			Fraccionado		
	Junio	Setiembre	Total	Junio	Setiembre	Total
T	4 220c	2 488b	6 708c	4 220c	2 488b	6 708c
PK	5 557b	3 302a	8 859b	5 557b	3 302a	8 859b
PKN1	6 986a	3 263a	10 249ab	6 176ab	3 385a	9561a
PKN2	6 896a	2 859ab	9 755ab	7 026a	3 252a	10 578a
PKN3	6 908a	2 608ab	9 516ab	7 041a	3 818a	10 860a
PKN4	7 772a	2 916ab	10 687a	7 191a	3 963a	11 153a
sig.	**	**	**	**	**	**
e.e.d.	410	242	559	381	259	546

PK= abonado de fondo 130 kg P₂O₅ y 80 de K₂O ha⁻¹ año⁻¹

N1, N2, N3 y N4 (60, 100, 140 y 180 kg N ha⁻¹ año⁻¹)

sig= nivel de significación; e.e.d.= error estándar de la diferencia

** Significación al 99%

TABLA 8

Producción media de hierba (kg MS ha⁻¹) obtenida con el aporte de nitrato amónico (en una vez o fraccionado) y con el aporte de sulfato amónico y nitrato de Chile en una sola vez (Ensayo 8).

Herbage average yield (kg DM ha⁻¹) obtained using ammonium nitrate (from one time or fractionated), ammonium sulphate and sodium applied in one time (Trial 8).

	Único			Fraccionado		
	Junio	Setiembre	Total	Junio	Setiembre	Total
T	5 378d	2 561b	7 939d	5 378d	2 561b	7 939e
PK	5 795dc	2 626b	8 421dc	5 795dc	2 626b	8 421de
PKN1	6 652bc	2 635b	9 287bc	6 566bc	2 801b	9 367cd
PKN2	7 489ab	2 833ab	10 322ab	6 898ab	3 349a	10 248bc
PKN3	8 030a	2 979ab	11 009a	7 239ab	3 308a	10 547ab
PKN4	7 781ab	3 113a	10 894a	7 818a	3 742a	11 560a
sig.	**	*	**	**	**	**
e.e.d.	442	219	483	375	178	425
	SULFATO	AMÓNICO		NITRATO	DE	CHILE
	Junio	Setiembre	Total	Junio	Setiembre	Total
T	5 378b	2 561b	7 939b	5 378b	2 561b	7 939c
PK	5 795b	2 626b	8 420b	5 795b	2 626b	8 420c
PKN1	7 007a	2 718a	9 725a	7 524a	2 818ab	10 320ab
PKN2	7 289a	2 588b	9 878a	7 274a	2 887ab	10 161b
PKN3	7 765a	3 214a	10 979a	7 948a	3 019ab	10 967ab
PKN4	7 870a	3 213a	11 083a	8 174a	3 270a	11 444a
sig.	**	**	**	**	**	**
e.e.d.	410	195	487	388	165	438

PK= abonado de fondo 130 kg P₂O₅ y 80 de K₂O ha⁻¹ año⁻¹

N1, N2, N3 y N4 (60, 100, 140 y 180 kg N ha⁻¹ año⁻¹)

sig= nivel de significación; e.e.d.= error estándar de la diferencia

** Significación al 99%; * Significación al 95%

TABLA 9

Análisis de varianza de los Ensayos 6, 7 y 8.*Table 9. Analysis of variance of Trials 6, 7 and 8.*

	Producción Total
F_{ANOVA}	***
R^2	0,56
Dosis	*** (45,9%)
Lugar	*** (8,1%)
Aporte	ns
Dosis*Lugar	*** (3,2%)
Lugar*Aporte	ns

*** Significación al 99,9%; ns = no significativo

TABLA 10

Efecto del lugar, de la dosis y del modo de aplicación del fertilizante nitrogenado sobre la producción media total anual de hierba (Ensayos 6, 7 y 8).*Effect of site, dose and method of application of the N fertilizer on herbage average annual total yield (Trials 6, 7 and 8).*

	Producción Total
Dosis (n = 72)	
Testigo	7 182d
PK	8 278c
PKN1	9 322b
PKN2	9 722b
PKN3	10 317a
PKN4	10 615a
sig.	**
e.e.d.	206
Aporte (n = 216)	
Único	9 206
Fraccionado	9 274
sig.	ns
e.e.d.	119
Lugar (n = 144)	
Beberino	8 597b
El Castillo	9 458a
Villasecino	9 663a
sig.	**
e.e.d.	146

sig= nivel de significación; e.e.d.= error estándar de la diferencia

** Significación al 99%;

2.2.2. Resultados específicos de producción en cada ensayo

En las siguientes líneas se hace una síntesis de los resultados obtenidos en los ensayos nº 6, 7 y 8, en los de Junio, Setiembre y en el total anual, cuando los cuatro niveles diferentes de nitrógeno se aportan al prado de una vez en primavera o bien cuando se fraccionan.

Ensayo nº 6

En la Tabla 6 se exponen los rendimientos (media de tres años) obtenidos con diferentes dosis y formas de aporte de los fertilizantes nitrogenados.

Nitrógeno aportado de una vez

Junio. Con el abonado PK se produce un incremento débil y no significativo de los rendimientos (18%) respecto al testigo sin abonar. Por el contrario, con las dosis crecientes de fertilizantes nitrogenados se consiguen aumentos sustanciales de producción que sólo alcanzan significación con N3 (34% de aumento sobre PK). No se aprecian diferencias significativas entre los distintos niveles de N.

Setiembre. Se establece significación entre el PK (que curiosamente da menos producción que el testigo) y los tres niveles más altos de N. Por su parte el testigo sólo establece diferencias significativas con el N4.

Producción total. El testigo no marca diferencias significativas con el PK (incrementa la producción sólo un 10%), pero sí con el resto de los niveles de N desde la primera dosis. El PK sólo mantiene diferencias con N3 y N4, en los que el incremento de producción fue de un 34% y 28%, respectivamente, sobre el abonado de fondo.

Nitrógeno fraccionado

Junio. Sólo se establecen diferencias significativas entre el testigo sin abonado y los niveles N2, N3 y N4.

Setiembre. Se producen diferencias del PK con todos los niveles de N, y también del testigo con todos menos con N2. Por su parte, los dos niveles más bajos de N (N1, N2), establecen diferencias significativas con los más altos (N3, N4).

Producción total. El PK muestra diferencias significativas con N3 y N4 que, como en el caso anterior, dieron los incrementos más altos (31 y 28% respectivamente sobre el abonado de fondo). A diferencia del abonado nitrogenado aportado de una vez, hay diferencias significativas de N1 y N2 con respecto a N3, pero no en relación a N4. Entre N3 y N4 tampoco se aprecian diferencias significativas.

Ensayo n° 7

En la Tabla 7, se presentan los rendimientos, medios de tres años, obtenidos con cuatro dosis diferentes y dos formas de aporte (único y fraccionado) de los fertilizantes nitrogenados.

Nitrógeno aportado de una vez

Junio. Se produce un incremento significativo del rendimiento del abono PK (32%) sobre el testigo. Tanto el testigo como el abonado de fondo (PK) establecen diferencias significativas con todos los niveles de N. No se aprecian diferencias significativas entre las diferentes dosis de N.

Setiembre. También hay un incremento significativo del PK (33%) sobre el testigo. Sólo el testigo mantiene diferencias significativas con N1 que fue el tratamiento más productivo. No se aprecia significación entre los niveles de N.

Producción total. El comportamiento es muy parecido, el testigo establece diferencias significativas con el PK (32% de incremento) y con todos los niveles de N. Si tomamos como base el PK, no mantiene diferencias significativas con N1, N2 o N3, pero sí con N4 donde el incremento fue mayor (21% sobre PK). No se aprecian significación entre las dosis de N.

Nitrógeno fraccionado

Junio. El PK establece diferencias significativas con los tres niveles más altos de N (N2, N3, N4) que fueron los tratamientos más productivos (incremento medio del 27,3% sobre el PK).

Setiembre. Hay diferencias significativas entre el testigo y PK, y también del testigo con todos los niveles de N; no se aprecian diferencias significativas entre las dosis de N. Cuando se fracciona el N, se observan unos rendimientos más altos ya que se incrementa la producción hasta un 20% (N4) sobre PK.

Producción total. El testigo y el PK establecen diferencias significativas con todos los niveles de N. Tampoco hubo diferencias significativas de producción entre los diferentes niveles de N.

Aunque, como se dijo al principio, no hubo diferencias significativas entre aportar el N de una vez o fraccionado, no obstante se aprecia una tendencia de conseguir unos rendimientos mayores al fraccionar.

Hay que señalar que los ensayos n° 6 y 7 permanecían inéditos; mientras que el n° 8, el más complejo y que analizaremos a continuación, ha sido publicado (Suárez *et al.*, 1976), aunque se ha realizado un nuevo tratamiento estadístico para analizarlo en conjunto con los otros dos ensayos del grupo.

Ensayo n° 8

Los rendimientos obtenidos con cuatro dosis diferentes, tres tipos (Nitrato amónico, Sulfato amónico y Nitrato sódico) y dos formas de aporte (de una vez y fraccionado), se detallan en la Tabla 8 que consta de dos partes; en la superior se refleja el efecto del nitrato amónico aplicado de una vez o fraccionado, mientras que en la parte inferior se comparan los efectos del sulfato amónico con el nitrato sódico (o de Chile) con aplicación única.

Nitrógeno aportado de una vez en forma de Nitrato amónico

Junio. El incremento de producción originado por el PK (8%) respecto al testigo no fue significativo. Los niveles N2, N3 y N4, mostraron incrementos significativos respecto al PK.

Setiembre. Se apreció un incremento débil y no significativo de la producción (3%) sobre el abonado de fondo (PK); si bien sólo hubo diferencias significativas del testigo y PK respecto a N4 (19% de incremento sobre el PK). Hubo diferencias entre los niveles de N1 y N4.

Producción total. El testigo no estableció diferencias significativas con el PK pero sí con todos los niveles de N. Por su parte el PK mostró diferencias con N2, N3 y N4. Entre los niveles de N se apreció que N1 mostró diferencias significativas con N3 y N4, pero no con N2.

Nitrógeno fraccionado en forma de Nitrato amónico

Junio. Hubo diferencias significativas del PK con los tres niveles más altos de N, y dentro de los niveles de nitrógeno entre N1 y N4.

Setiembre. Se establecieron diferencias significativas del testigo y del PK con los niveles, N2, N3 y N4, y N4, esta última dosis consiguió un incremento del 42% sobre PK.

Producción total. El PK mostró diferencias significativas con N2, N3 y N4. Entre los diferentes niveles de N se produjeron las siguientes diferencias significativas: la producción de N1 es distinta de la correspondiente a N3 y N4 y, a la vez, N2 mantuvo diferencias con N4. La mayor producción total del ensayo se alcanzó con N4 (11 560 kg MS ha⁻¹) y 37% de incremento sobre PK.

Nitrógeno aportado de una vez en forma de Sulfato amónico

Junio. Tanto el testigo como el PK, establecieron diferencias significativas con todos los niveles de N, no existiendo diferencias entre las dosis de N.

Setiembre. Las diferencias del testigo y PK se establecieron con las dosis N1, N3 y N4, ya que en N2 no hubo un aumento de producción.

Producción total. Tanto el testigo como el PK mostraron diferencias significativas con todos los niveles de N. No se apreciaron diferencias significativas entre las dosis de N. Con el Sulfato amónico se superan las producciones de la parcela PK hasta en un 32%.

Nitrógeno aportado de una vez en forma de Nitrato sódico

Junio. Hubo diferencias significativas del testigo y PK con todos los niveles de N. Con el nitrato sódico parece existir una tendencia hacia unas producciones mayores frente a los otros fertilizantes nitrogenados, llegándose a alcanzar incrementos de hasta un 41% sobre el PK.

Setiembre. El testigo y el PK sólo establecieron diferencias con la dosis más alta de nitrógeno, N4 (25% de incremento sobre PK), pues el resto de los valores fueron bastante similares.

Producción total. Las producciones del testigo y del abono de fondo fueron diferentes, significativamente, de las obtenidas con las dosis de N, no existiendo diferencias significativas entre estas últimas.

En el análisis de la varianza (Tabla 11) se aprecia, como en los casos anteriores, que la dosis de abonado es el factor que más afecta y explica las variaciones en la producción. Por el contrario, el tipo de fertilizante utilizado no afecta de forma significativa a las mismas. En la Tabla 12 se expone el efecto de las dosis de abonado y tipo de fertilizante (Nitrato amónico, Sulfato amónico y Nitrato sódico) sobre la producción. En dicha tabla se puede ver que no existen diferencias significativas entre los tres fertilizantes nitrogenados, aunque el nitrato sódico ha tenido un efecto algo superior a los otros dos.

TABLA 11
Análisis de varianza del Ensayo 8.
Analysis of variance of Trial 8.

	Producción Total
F_{ANOVA}	***
R^2	0,57
Tipo Fertilizante	Ns
Dosis Fertilizante	*** (57%)
Tipo*Dosis	ns

ns = no significativo

TABLA 12

Efecto del tipo de fertilizante nitrogenado y de la dosis aplicada sobre la producción media total anual de hierba (Ensayo 8).

Effect of N fertilizer type and dose on herbage average annual total yield (Trial 8).

	Prod. Total
Abonado (n = 36)	
T	7 939c
PK	8 420c
PKN1	9 777b
PKN2	10 120b
PKN3	10 985a
PKN4	11 140a
sig.	**
e.e.d.	271
Fertilizante (n = 72)	
Nitrato amónico	9 645
Sulfato amónico	9 671
Nitrato de Chile	9 875
sig.	ns
e.e.d.	192

sig= nivel de significación; e.e.d.= error estándar de la diferencia

** Significación al 99%

En cuanto a los rendimientos, analizados en conjunto como medias de los tres fertilizantes, se puede afirmar que el abonado PK, incrementa ligeramente la producción (6,1%) aunque no significativa, respecto al testigo. Por el contrario la fertilización nitrogenada lo hace de forma significativa desde un 16,1% (N1) hasta un 32,3% (N4) respecto al PK. Existe una gran similitud entre los rendimientos de N1 y N2, así como entre N3 y N4, con diferencias significativas entre ambos grupos.

En función de los ensayos anteriores, cabe concluir que la dosis más baja de nitrógeno ($60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), acompañada del correspondiente abono de fondo ($130\text{-}80 \text{ kg de PK ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) sería suficiente para garantizar una producción óptima en un sistema de dos cortes. El fraccionamiento del nitrógeno no tiene una influencia clara y significativa sobre los rendimientos, aunque sí la tiene -como veremos en el capítulo siguiente- sobre la composición botánica, sobre todo en el segundo corte.

3. Efecto de diferentes dosis y combinaciones de N x P x K, frecuencia de siega y fraccionamiento del nitrógeno

Con los resultados de los rendimientos (expresados siempre en $\text{kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) del ensayo de larga duración de Las Salas (Ensayo n° 9) en la montaña de Riaño, se han

elaborado dos tipos de tablas. En el primero (Tablas 13, 14, 15 y 16) se exponen los rendimientos generales de los 22 tratamientos estudiados con dos frecuencias de corte y de los 12 tratamientos considerados en tres cortes cuando se fracciona el nitrógeno. Para facilitar su comparación se indica el índice correspondiente de cada tratamiento respecto al testigo que toma el valor 100.

TABLA 13

Producción media de hierba (kg MS ha⁻¹) obtenida con 22 tratamientos de fertilización diferentes y un sistema de manejo de dos cortes anuales (Ensayo 9; periodo de tiempo: 1978-1987).

Herbage average yield (kg DM ha⁻¹) obtained using 22 different fertilization treatments and a two cut system (Trial 9; period of time: 1978-1987).

	Junio	Δ	Setiembre	Δ	Total	Δ
TESTIGO	4 489	100	1 983	100	6 472	100
N1	6 740	150	2 968	150	9 708	150
N2	6 934	154	2 559	129	9 491	147
N3	6 650	148	2 565	129	9 215	142
P1	6 774	151	3 009	152	9 783	151
P2	6 886	153	3 384	171	10 270	159
P3	7 339	163	3 269	165	10 608	164
K1	5 458	122	2 546	128	8 004	124
K2	5 840	130	2 325	117	8 165	126
K3	5 537	123	2 617	132	8 154	126
N1P1	8 037	179	3 059	154	11 096	171
N2P2	8 868	198	2 768	140	11 636	180
N3P3	8 972	200	2 843	143	11 815	183
N1K1	6 961	155	2 617	132	9 578	148
N2K2	7 029	157	2 600	131	9 629	149
N3K3	7 754	173	3 136	158	10 890	168
P1K1	6 977	155	3 234	163	10 211	158
P2K2	7 383	164	3 795	191	11 178	173
P3K3	6 680	149	3 347	169	10 027	155
N1P1K1	8 373	187	3 372	170	11 745	181
N2P2K2	8 048	179	3 083	155	11 131	172
N3P3K3	9 519	212	3 183	164	12 702	196

TABLA 14

Producción media de hierba (kg MS ha⁻¹) obtenida con 22 tratamientos de fertilización diferentes y un sistema de manejo de tres cortes anuales (Ensayo 9; periodo de tiempo: 1988-1997).

Herbage average yield (kg DM ha⁻¹) obtained using 22 different fertilization treatments and a three cut system (Trial 9; period of time: 1988-1997).

	JUNIO	Δ	JULIO	Δ	SET	Δ	TOTAL	Δ
TESTIGO	4 005	100	1 674	100	1 503	100	7 182	100
N1	5 592	140	1 690	101	1 540	102	8 822	123
N2	5 178	129	2 000	119	1 256	84	8 434	117
N3	4 695	117	1 787	107	1 525	101	8 007	111
P1	5 462	136	1 991	119	1 808	120	9 261	129
P2	6 022	150	2 101	126	2 303	153	10 426	145
P3	6 329	158	2 114	126	2 339	156	10 782	150
K1	5 037	126	1 911	114	1 748	116	8 696	121
K2	4 820	120	1 755	105	1 542	103	8 117	113
K3	4 294	107	1 892	113	1 635	109	7 821	109
N1P1	7 119	178	1 975	118	1 947	130	11 041	154
N2P2	8 067	201	1 996	119	1 698	113	11 761	164
N3P3	7 388	184	2 018	121	1 856	123	11 262	157
N1K1	5 778	144	1 690	101	1 572	105	9 040	126
N2K2	5 202	130	2 098	125	1 233	82	8 533	119
N3K3	6 196	155	2 383	142	1 980	132	10 559	147
P1K1	6 612	165	2 231	133	2 143	143	10 986	153
P2K2	6 367	159	2 502	149	2 143	143	11 012	153
P3K3	6 548	163	2 691	161	2 718	181	11 957	166
N1P1K1	7 200	180	2 281	136	2 221	148	11 702	163
N2P2K2	7 941	198	2 239	134	2 138	142	12 318	172
N3P3K3	8 283	207	2 514	150	1 924	128	12 721	177

TABLA 15

Producción media de hierba (kg MS ha⁻¹) obtenida con 22 tratamientos de fertilización diferentes, un sistema de manejo de tres cortes anuales y fraccionamiento del nitrógeno (Ensayo 9; periodo de tiempo: 1998-2003).

Herbage average yield (kg DM ha⁻¹) obtained using 22 different fertilization treatments, a three cut system in which the application of nitrogen was fractionated (Trial 9; period of time: 1998-2003).

	Junio	Δ	Julio		Setiembre	Δ	Total	
TESTIGO	3 281	100	1 486	100	1 514	100	6 281	100
N1	4 655	142	2 161	145	2 012	133	8 828	141
N2	4 669	142	2 256	152	1 941	128	8 866	141
N3	3 924	120	2 040	137	1 981	131	7 945	126
N1P1	6 236	190	2 712	183	2 457	162	11 405	182
N2P2	7 107	217	2 388	161	2 427	160	11 922	190
N3P3	6 939	211	2 118	143	2 298	152	11 355	181
N1K1	4 652	142	2 211	149	2 388	158	9 251	147
N2K2	4 560	139	2 275	153	2 144	142	8 979	143
N3K3	6 425	196	2 689	181	2 858	189	11 972	191
N1P1K1	6 896	210	2 655	179	2 836	187	12 387	197
N2P2K2	6 679	204	2 588	174	2 452	162	11 719	187
N3P3K3	7 483	228	2 923	197	2 824	187	13 230	211

TABLA 16

Comparación de la producción media total anual (kg MS ha⁻¹) obtenida con los 22 tratamientos de fertilización estudiados en los tres sistemas de manejo empleados (Ensayo 9).
Comparison among average annual total yields of herbage (kg DM ha⁻¹) obtained using 22 different fertilization treatments in the three studied manage systems (Trial 9).

	Dos cortes	Tres cortes	$\pm\Delta$	Tres cortes (N frac.)	$\pm\Delta$
TESTIGO	6 472	7 182	+11,0	6 281	-12,5
N1	9 708	8 822	-9,1	8 828	+0,1
N2	9 491	8 434	-11,1	8 866	+5,1
N3	9 215	8 007	-13,1	7 945	-0,8
P1	9 783	9 261	-5,3		
P2	10 270	10 426	+1,5		
P3	10 608	10 782	+1,6		
K1	8 004	8 696	+8,6		
K2	8 165	8 117	-0,6		
K3	8 154	7 821	+4,1		
N1P1	11 096	11 041	-0,5	11 405	+3,3
N2P2	11 636	11 761	+1,1	11 922	+1,4
N3P3	11 815	11 262	-4,7	11 355	+0,8
N1K1	9 578	9 040	-5,6	9 251	+2,3
N2K2	9 629	8 533	-11,4	8 979	+5,2
N3K3	10 890	10 559	-3,0	11 972	+13,4
P1K1	10 211	10 986	+7,6		
P2K2	11 178	11 012	-1,5		
P3K3	10 027	11 957	+19,2		
N1P1K1	11 745	11 702	-0,4	12 387	+5,9
N2P2K2	11 131	12 318	+10,7	11 719	-4,9
N3P3K3	12 702	12 721	+0,1	13 230	+4,0

Δ = % de incremento dos vs. tres cortes

En el segundo tipo se hace un estudio detallado de la influencia de cada fertilizante simple (N, P y K, Tablas 18, 19 y 20), combinaciones binarias (NP, NK y PK, Tablas 21, 22 y 23) y ternarias (NPK, Tabla 24). Estas tablas, constan de varias secciones en las que se hace un análisis estadístico, en cada corte y en cada frecuencia de corte, comparando las diferentes dosis del elemento o combinación estudiada respecto al testigo; se señala el grado de significación del análisis de la varianza y el error estándar de la diferencia (eed) para dicha significación. En otra sección 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 nivel de significación entre ambos valores y el error estándar de la diferencia.

En los tratamientos que llevan N (N, NP, NK y NPK), se añade en las tablas correspondientes (en secciones comentadas anteriormente), los rendimientos obtenidos al fraccionar el nitrógeno con tres cortes. Finalmente y como aspecto global para apreciar si hay diferencias significativas en el fraccionamiento o no del nitrógeno, en la Tabla 17 se aprecian los efectos de la forma de aporte del mismo.

TABLA 17

Efecto de la forma de aplicación del fertilizante nitrogenado sobre la producción media de hierba (kg MS ha⁻¹) en un sistema de manejo de tres cortes anuales (Ensayo 9).

Effect of the method of application of N fertilizer on herbage average yield (kg DM ha⁻¹) in a three cut system (Trial 9).

PRODUCCIÓN	ÚNICO	FRACCIONADO	Sig.	N	e.e.d.
Junio	6 097	5 360	**	165	172
Julio	2 070	2 375	**	158	68
Setiembre	1 853	2 419	**	158	55
Total	10 020	10 174	ns	158	227

Sig= nivel de significación; e.e.d.= error estándar de la diferencia

N= n° de parcelas; ** Significación al 99%

TABLA 18

Efecto de la dosis de fertilizante nitrogenado y del número de siegas sobre la producción media de hierba (kg MS ha⁻¹, Ensayo 9).

Table 18. Effect of the N fertilizer dose and number of harvests on herbage average yield (kg DM ha⁻¹, Trial 9).

	DOSIS DE N kg ha ⁻¹ año ⁻¹				Sig	Eed
	0	60	120	180		
DOS CORTES (2C)						
Junio	4 489b	6 740a	6 932a	6 650a	**	654
Setiembre	1 983b	2 968a	2 559ab	2 565ab	*	425
TRES CORTES (3C)						
Junio	4 005b	5 592a	5 178a	4 695ab	**	405
Julio	1 674	1 690	2 000	1 787	ns	215
Setiembre	1 503	1 540	1 256	1 525	ns	331
TRES CORTES N FRACCIONADO(3CF)						
Junio	3 281	4 655	4 669	3 924	ns	655
Julio	1 486b	2 161ab	2 256a	2 040ab	*	312
Setiembre	1 514b	2 012a	1 941a	1 981a	**	136
TOTAL ANUAL						
Total(2C)	6 472b	9 708a	9 491a	9 215a	**	819
Total(3C)	7 182	8 822	8 434	8 007	ns	598
Total(3CF)	6 281b	8 828a	8 866a	7 945a	**	577
Sig	ns	ns	ns	ns		
eed	502	768	733	601		

Sig= nivel de significación; e.e.d.= error estándar de la diferencia

n=10 en 2C y 3C; n=6 en 3CF

** Significación al 99%; * Significación al 95%; ns = no significativo

TABLA 19

Efecto de la dosis de fertilizante fosfórico y del número de siegas sobre la producción media de hierba (kg MS ha⁻¹, Ensayo 9).

Table 19. Effect of the P fertilizer dose and number of harvests on herbage average yield (kg DM ha⁻¹, Trial 9).

	DOSIS DE P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹ año ⁻¹				Sig	Eed
	0	80	160	240		
DOS CORTES (2C)						
Junio	4 489b	6 774a	6 886a	7 339a	**	514
Setiembre	1 983b	3 009a	3 384a	3 269a	**	271
TRES CORTES (3C)						
Junio	4 005b	5 462a	6 022a	6 329a	**	204
Julio	1 674	1 991	2 101	2 114	ns	235
Setiembre	1 503b	1 808ab	2 303a	2 339a	**	189
TOTAL ANUAL						
Total(2C)	6 472b	9 783a	10 270a	10 608a	**	639
Total(3C)	7 182b	9 261ab	10 426a	10 782a	**	671
Sig	ns	ns	ns	ns		
eed	557	672	483	861		

Sig= nivel de significación; e.e.d.= error estándar de la diferencia

n=10 en cada tratamiento

** Significación al 99%; ns = no significativo

TABLA 20

Efecto de la dosis de fertilizante potásico y del número de siegas sobre la producción media de hierba (kg MS ha⁻¹, Ensayo 9).

Effect of the K fertilizer dose and number of harvests on herbage average yield (kg DM ha⁻¹, Trial 9).

	DOSIS DE K ₂ O kg ha ⁻¹ año ⁻¹				Sig	eed
	0	60	120	180		
DOS CORTES (2C)						
Junio	4 489b	5 458ab	5 840a	5 537ab	*	524
Setiembre	1 983	2 546	2 325	2 617	ns	336
TRES CORTES (3C)						
Junio	4 005b	5 037a	4 820ab	4 294ab	*	317
Julio	1 674	1 911	1 755	1 892	ns	241
Setiembre	1 503	1 748	1 542	1 635	ns	152
TOTAL ANUAL						
Total(2C)	6 472b	8 004a	8 165a	8 154a	*	725
Total(3C)	7 182b	8 696a	8 117ab	7 821ab	*	573
Sig	ns	ns	ns	ns		
eed	557	435	630	873		

Sig= nivel de significación; e.e.d.= error estándar de la diferencia
n=10 en cada tratamiento

ns = no significativo; * Significación al 95%

TABLA 21

Efecto de la dosis de fertilizante nitrógeno-fosfórico y del número de siegas sobre la producción media de hierba (kg MS ha⁻¹, Ensayo 9).

Effect of the NP fertilizer dose and number of harvests on herbage average yield (kg DM ha⁻¹, Trial 9).

	DOSIS DE NP kg ha ⁻¹ año ⁻¹				Sig	e.e.d
	0-0	60-80	120-160	180-240		
DOS CORTES (2C)						
Junio	4 489b	8 037a	8 868a	8 972a	**	697
Setiembre	1 983b	3 059a	2 768ab	2 843ab	**	330
TRES CORTES (3C)						
Junio	4 005b	7 119a	8 067a	7 388a	**	441
Julio	1 674	1 975	1 996	2 018	ns	294
Setiembre	1 503b	1 947a	1 698ab	1 856a	*	156
TRES CORTES N FRACCIONADO(3CF)						
Junio	3 281b	6 236a	7 107a	6 939a	**	679
Julio	1 486b	2 712a	2 388a	2 118ab	**	89
Setiembre	1 514b	2 457a	2 427a	2 298a	**	162
TOTAL ANUAL						
Total(2C)	6 472b	11 096a	11 636a	11 815a	**	844
Total(3C)	7 182b	11 041a	11 761a	11 262a	**	528
Total(3CF)	6 281b	11 405a	11 922a	11 355a	**	645
Sig	ns	ns	ns	ns		
e.e.d	502	768	733	601		

Sig= nivel de significación; e.e.d.= error estándar de la diferencia

n=10 en 2C y 3C; n=6 en 3CF

ns = no significativo; * Significación al 95%

TABLA 22

Efecto de la dosis de fertilizante nitró-potásico y del número de siegas sobre la producción media de hierba (kg MS ha⁻¹, Ensayo 9).

Effect of the NK fertilizer dose and number of harvests on herbage average yield (kg DM ha⁻¹, Trial 9).

	DOSIS DE NK kg ha ⁻¹ año ⁻¹				Sig	Eed
	0-0	60-60	120-120	180-180		
DOS CORTES (2C)						
Junio	4 489b	6 961a	7 029a	7 754a	**	605
Setiembre	1 983b	2 617ab	2 600ab	3 136a	**	229
TRES CORTES (3C)						
Junio	4 005b	5 778a	5 202a	6 196a	**	376
Julio	1 674b	1 690b	2 098ab	2 383a	**	246
Setiembre	1 503b	1 572ab	1 233b	1 980a	**	161
TRES CORTES N FRACCIONADO(3CF)						
Junio	3 281b	4 652ab	4 560ab	6 425a	**	845
Julio	1 486b	2 211a	2 275a	2 689a	**	240
Setiembre	1 514c	2 388ab	2 144b	2 858a	**	197
TOTAL ANUAL						
Total(2C)	6 472b	9 578a	9 629a	10 890a	**	747
Total(3C)	7 182c	9 040ab	8 533bc	10 559a	**	576
Total(3CF)	6 281c	9 251b	8 979b	11 972a	**	837
Sig	ns	ns	ns	ns		
eed	502	768	733	601		

Sig= nivel de significación; e.e.d.= error estándar de la diferencia

n=10 en 2C y 3C; n=6 en 3CF

** Significación al 99%; ns = no significativo

TABLA 23

Efecto de la dosis de fertilizante fosfo-potásico y del número de siegas sobre la producción media de hierba (kg MS ha⁻¹, Ensayo 9).

Effect of the PK fertilizer dose and number of harvests on herbage average yield (kg DM ha⁻¹, Trial 9).

	DOSIS DE PK kg ha ⁻¹ año ⁻¹				Sig	eed
	0-0	80-60	160-120	240-180		
DOS CORTES (2C)						
Junio	4 489b	6 977a	7 383a	6 680a	**	442
Setiembre	1 983	3 234	3 795	3 347	**	314
TRES CORTES (3C)						
Junio	4 005b	6 612a	6 367a	6 548a	**	488
Julio	1 674b	2 231ab	2 502ab	2 691a	**	295
Setiembre	1 503b	2 143ab	2 143ab	2 718a	**	226
TOTAL ANUAL						
Total(2C)	6 472b	10 211a	11 178a	10 027a	**	619
Total(3C)	7 182b	10 986a	11 012a	11 957a	**	768
Sig	ns	ns	ns	ns		
eed	556	612	675	936		

Sig= nivel de significación; e.e.d.= error estándar de la diferencia
n=10 en cada tratamiento

** Significación al 99%; ns = no significativo

TABLA 24

Efecto de la dosis de fertilizante nitro-fosfo-potásico y del número de siegas sobre la producción media de hierba (kg MS ha⁻¹, Ensayo 9).

Table 24. Effect of the NPK fertilizer dose and number of harvests on herbage average yield (kg DM ha⁻¹, Trial 9).

	DOSIS DE NPK kg ha ⁻¹ año ⁻¹				Sig	eed
	0-0-0	60-80-60	120-160-120	180-240-180		
DOS CORTES (2C)						
Junio	4 489b	8 373a	8 048a	9 519 ^a	**	704
Setiembre	1 983b	3 372a	3 083a	3 183a	**	338
TRES CORTES (3C)						
Junio	4 005b	7 200a	7 941a	8 283a	**	404
Julio	1 674b	2 281ab	2 239ab	2 514a	*	345
Setiembre	1 503b	2 221a	2 138a	1 924ab	**	198
TRES CORTES N FRACCIONADO(3CF)						
Junio	3 281b	6 896a	6 679a	7 483a	**	943
Julio	1 486b	2 655a	2 588a	2 923a	**	258
Setiembre	1 514b	2 836a	2 452a	2 824a	**	132
TOTAL ANUAL						
Total(2C)	6 472b	11 745a	11 131a	12 702a	**	737
Total(3C)	7 182b	11 702a	12 318a	12 721a	**	529
Total(3CF)	6 281b	12 387a	11 719a	13 230a	**	607
Sig	Ns	ns	ns	ns		
eed	502	768	733	601		

Sig= nivel de significación; e.e.d.= error estándar de la diferencia

n=10 en 2C y 3C; n=6 en 3CF

** Significación al 99%; * Significación al 95%; ns = no significativo

Aspectos parciales de este ensayo han ido apareciendo en tesis y revistas especializadas (de la Puente *et al.*, 1981; Rodríguez, 1994; Rodríguez *et al.*, 1996; Calleja, 1987; García, 1996; Bochi, 2001; Rodríguez *et al.*, 2001).

3.1. Resultados generales de producción

Dos cortes

En la Tabla 13, se exponen los rendimientos, medias de 10 años, de los 22 tratamientos considerados con dos cortes: Junio y Setiembre.

Junio. Las máximas producciones del ensayo se consiguieron con los tratamientos N2P2, N3P3 y N3P3K3 duplicando los rendimientos del testigo sin abono y superando

los 9 000 kg ha⁻¹. También obtuvieron buenos rendimientos los tratamientos N1P1, N1P1K1 y N2P2K2 que superaron los 8 000 kg en este corte. Por el contrario, los rendimientos más bajos se produjeron con K1, K2 y K3 que sólo superaron al testigo en un 22%, 30% y 23% respectivamente.

Setiembre. Se aprecia que los mayores rendimientos se desplazan hacia P2K2 (3 795 kg ha⁻¹), que superó al testigo en un 91%. También proporcionan excelentes rendimientos los tratamientos P2 y N1P1K1 que sobrepasaron en un 70% al testigo. Los rendimientos más bajos se produjeron en K2 (sólo un 17% de incremento) seguido por los tratamientos K1, K3, N2, N3 N1K1 y N2K2 en los que el incremento se mantuvo en alrededor del 30%.

Producción total. El valor más alto se consiguió con N3P3K3 (12 702 kg ha⁻¹), que casi duplicó la producción del testigo, seguido de los tratamientos N2P2, N3P3 y N1P1K1, en los que se superaron en un 80% la producción del testigo (6 472 kg ha⁻¹). Los rendimientos más bajos se dieron con los diferentes niveles de potasio, con un incremento de un 24 y 26%.

Tres cortes

En la Tabla 14 se exponen los rendimientos de los 22 tratamientos considerados, medias de 10 años, con tres aprovechamientos: Junio, Julio y Setiembre.

Junio. En este corte destacan los tratamientos N2P2, N2P2K2 y, sobre todo, N3P3K3 en que se duplicó la producción del testigo y superaron los 8 000 kg ha⁻¹. En un segundo plano, están los tratamientos N3P3 y N1P1K1 que lo incrementaron en un 80%. Por el contrario, los más bajos se localizan en K3 y N3 que sólo lo hicieron en un 7 y 17% respectivamente.

Julio. El mayor rendimiento se alcanzó con P3K3 (61%), seguido de P2K2 y N3P3K3 que superaron al testigo en un 50%. Los valores más bajos se produjeron en N1, K2 y N3 con aumentos de 1, 5 y 7% respectivamente.

Setiembre. El rendimiento más alto también se obtuvo con P3K3 (81%), seguido de P2 y P3 que superaron al testigo en un 53 y 56% respectivamente. En este aprovechamiento hay dos tratamientos (N2 y N2K2) que no consiguieron alcanzar la producción del testigo y otros tres más (N1, N3 y K2) que sólo lo superaron en un 1-3%.

Producción total. Hay que destacar los tratamientos N2P2K2 y N3P3K3 que superaron los 12 000 kg ha⁻¹ y un 72 y 77% respectivamente al testigo. Por debajo de ellos, en un segundo plano, resaltan todos los tratamientos con NP y PK, junto con N1P1K1 que superaron los 11 000 kg ha⁻¹ de producción y en más de un 50% al testigo. Por el contrario, los rendimientos más bajos se lograron con K3 y N3 que apenas alcanzaron los 8 000 kg ha⁻¹.

Tres cortes N fraccionado

En la Tabla 15 se presentan los rendimientos del testigo y los 12 tratamientos, resultantes de fraccionar el fertilizante nitrogenado, medias de seis años.

En este caso, sólo se presentan los rendimientos de los 12 tratamientos (de los 21 que consideramos en los otros apartados) que llevan nitrógeno, bien de forma individual (N) o formando parte de combinaciones binarias (NP, NK) o ternarias (NPK). El mismo planteamiento se hace cuando se comparan, más adelante, las producciones: tres cortes N añadido de una vez/tres cortes N fraccionado.

Junio. Los tratamientos N2P2, N3P3 y todos los ternarios (N1P1K1, N2P2K2 y N3P3K3) duplicaron la producción del testigo. Curiosamente, la producción más baja se originó en N3 (20% sobre el testigo).

Julio. Las mejores producciones se obtuvieron con el tratamiento N3P3K3 que rozó los 3 000 kg ha⁻¹, seguidos de N1P1 y N3K3 que superaron en más de un 80% al testigo. El más bajo siguió siendo N3.

Setiembre. Tres tratamientos (N3K3, N1P1K1 y N3P3K3) superaron los 2 800 kg ha⁻¹ y en más de un 80% al testigo. Las producciones más bajas se obtuvieron con N2.

Producción total. El tratamiento N1P1K1 superó los 12 000 kg ha⁻¹ y el N3P3K3 los 13 000 kg ha⁻¹, la cifra más elevada de todo el ensayo. Rendimientos muy elevados, por encima de los 11 000 kg ha⁻¹, se consiguieron con NP (en sus tres niveles), N3K3 y N2P2K2. Los más bajos con N1 N2 y, en especial, con N3 (26% sobre el testigo).

Comparación dos/tres cortes.

A partir de las tablas comentadas (Tablas 13 y 14) y por medio de sencillos cálculos se aprecia, en dos cortes, que la producción media de los tratamientos (sin contabilizar el testigo) fue de 7 274 kg ha⁻¹ en Junio y 2 966 kg ha⁻¹ en Setiembre, lo que indica que el 71% de la producción se obtuvo en el primer corte y el 29% restante en el segundo. En tres cortes, la producción media de los citados tratamientos fue de 6 196 kg ha⁻¹ en el corte de Junio y de 2 089 y 1 870 kg ha⁻¹ en los aprovechamientos de Julio y Setiembre, respectivamente. En este caso, la producción se repartió un 61% en el primer corte y el 20,6% y 18,4% en el segundo y tercero, respectivamente.

Esto indica, en términos globales, que con el aumento del ritmo de corte, se disminuye en más de 1 000 kg ha⁻¹ la producción de Junio (de 71 a 61%) y la misma cifra se aumenta y reparte entre los de Julio y Setiembre (de 29% pasa a 39%). En ambos casos, la producción total se mantiene constante.

En la Tabla 16 se confrontan los rendimientos totales con dos y tres cortes y sus diferencias porcentuales. Si bien con el número de parcelas que hemos estado trabajando no existen diferencias significativas entre las dos frecuencias de siega (como se podrá apreciar posteriormente con los tratamientos estadísticos) se observa, en general, que los abonos nitrogenados y nitro-potásicos deprimen en todos los niveles la producción al aumentar el número de cortes. Dentro del abonado fósforo-potásico, las dosis baja (P1K1) y alta (P3K3) tienen efectos favorables en tres cortes sobre la producción, sobre todo en P3K3 que la incrementa un 19,2%, cifra nada despreciable. Con el abonado ternario, los tratamientos N1P1K1 y N3P3K3 no tuvieron influencia apreciable y rindieron lo mismo en ambas frecuencias de siega; sin embargo, en N2P2K2 se produjo en tres cortes un repunte de un 10,7%. Por su parte, en el abonado fosfórico, potásico y nitro-fosfórico se producen ligeros efectos positivos y negativos dentro de cada grupo. Sólo en K1 se produce un incremento algo más apreciable (8,6%) en tres cortes

Comparación tres cortes/tres cortes N fraccionado

En la misma Tabla 16 se expone igualmente la comparación de los rendimientos totales de los tratamientos que llevan nitrógeno, en función de la forma que se aporta el nitrógeno al prado de una vez o fraccionado.

Por otra parte, en la Tabla 17 se aprecia que no existen diferencias significativas en la producción total al fraccionar el nitrógeno, ya que apenas se incrementan los rendimientos un 1,3%. Sin embargo, utilizando la media de los doce tratamientos que llevan nitrógeno, se observa que existen diferencias significativas entre los tres cortes.

En el corte de Junio, el fraccionamiento del N ocasionó una disminución de la producción de un 12,1% de media. Por el contrario en el de Julio se incrementó en un 14,7% y más aún en el de Setiembre (30,5%).

De esta forma, con el fraccionamiento del N se pierde una media de 737 kg ha⁻¹ en el primer corte, pero ganan 305 kg ha⁻¹ el segundo y 566 kg ha⁻¹ el tercero. El porcentaje de producción en cada corte pasa de 60,8%, 20,7% y 18,5%, cuando el nitrógeno se añade de una vez, a 52,8%, 23,4% y 23,8% cuando se fracciona en los aprovechamientos de Junio, Junio y Setiembre respectivamente. Como se ha comentado, las diferencias entre cortes en los dos sistemas guardan elevada significación.

En la Tabla 16, citada anteriormente y donde se expresan los rendimientos en los dos sistemas, se aprecia que los tratamientos que muestran un ligero aumento de la producción al fraccionar son: el N2 (5,1%), N2K2 (5,2%), N1P1K1 (5,9%) y sobre todo el N3K3 (13,4%), el incremento más elevado de los observados. Por su parte, sólo los tratamientos N3 (0,8%) y N2P2K2 (4,9%) deprimen la producción al fraccionar el N.

3.2. Resultados específicos de cada tratamiento sobre los rendimientos

Nitrógeno

En la Tabla 18 se presentan los efectos de diferentes niveles de fertilizantes nitrogenados, dos frecuencias de siega y fraccionamiento del N sobre la producción de hierba (kg MS ha⁻¹).

Dos cortes

Junio. Se produjo un incremento significativo de la producción con la aplicación de N.

Setiembre. La producción más alta (2 968 kg ha⁻¹) se alcanzó con la dosis más baja (N1).

Producción total. Las diferencias significativas se encuentran entre la aplicación o no de nitrógeno.

Tres cortes

Junio. Las únicas diferencias significativas se aprecian entre las dosis N1 y N2 frente a la N0.

Julio y Setiembre. No se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos.

Producción total. No se apreciaron diferencias significativas entre los tratamientos, aunque la dosis más baja de N fue la más efectiva (8 822 kg ha⁻¹).

Tres cortes N fraccionado

Junio. No se apreciaron diferencias significativas.

Julio. Se produjo un incremento significativo con la dosis N2 respecto al testigo sin abonar.

Setiembre. Se establecieron diferencias significativas desde el primer nivel (N1) respecto al testigo, pero no se apreciaron diferencias significativas entre los diferentes niveles de N.

Producción total. No hubo diferencias significativas entre los diferentes tratamientos con N, aunque sí con respecto al testigo. La dosis más baja de N (8 828 kg ha⁻¹) resultó tan efectiva como la dosis intermedia.

Comparación dos/tres cortes

En todos los niveles de nitrógeno, se produjo un descenso no significativo de los rendimientos totales al incrementar la frecuencia de siega. El descenso de producción osciló entre un 9,1% (N1) y un 13,1% (N3).

Comparación tres cortes/tres cortes N fraccionado

Aunque no hay diferencias significativas en la producción total, al fraccionar el N, con la dosis N2 se obtuvo un ligero incremento de la producción (5,1%) en tres cortes. No obstante, es interesante analizar lo que sucede en cada corte pues se producen diferencias sustanciales.

Así, en el corte de junio se produjo una disminución media de los tres tratamientos con N de un 14,3% en tres cortes; sin embargo, en el segundo corte, se produjo un incremento medio de 18,3% y, en el corte de Setiembre, las diferencias fueron aún mayores, un 38,3% de media. En este último corte, con la dosis N2, el aumento fue de un 54,5%.

Estos cambios bruscos que se produjeron en los cortes de Junio y Setiembre, que no se plasmaron en la producción total, tienen una gran repercusión en la composición botánica y en el valor nutritivo de estos cortes como veremos más adelante.

Fósforo

Las variaciones debidas a la fertilización fosfatada y a la frecuencia de corte se detallan en la Tabla 19.

Dos cortes

Junio. Se produjo un incremento significativo de los rendimientos con las dosis de P respecto al testigo. El mayor rendimiento se consiguió con P3 (7 339 kg ha⁻¹). Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los distintos niveles de fósforo.

Setiembre. Como en el corte anterior, aunque tampoco se encontraron diferencias significativas entre las dosis de fósforo, sí las hubo entre éstas y el testigo.

Producción total. Se produjeron notables incrementos significativos de los rendimientos con los niveles de P, alcanzándose la máxima producción con P3 (10 608 kg ha⁻¹), si bien, no existieron diferencias significativas entre las dosis de fósforo.

Tres cortes

Junio. Siguió la misma tónica que en dos cortes, obteniéndose el mayor rendimiento con P3 (6 329 kg ha⁻¹). Tampoco hubo diferencias significativas entre los niveles de P, aunque resultó positivo respecto al testigo.

Julio. No fue significativo.

Setiembre. Se establecieron diferencias significativas entre las dosis P2, P3 y el testigo, aunque apenas hubo diferencias entre ambos niveles.

Producción total. Se originaron notables incrementos significativos de los rendimientos con los niveles de P, aunque sólo la dosis media (P2) y alta (P3) establecieron diferencias significativas con el testigo.

Comparación dos/tres cortes

Como se aprecia en la Tabla 19, no se observan diferencias significativas en la producción total, entre ningún nivel de P, al comparar dos con tres cortes. Sí se observa, en tres cortes, un descenso en P1 (5,3%) y un pequeño repunte en P2 y P3 (1,6%)

Potasio

La Tabla 20 nos muestra los rendimientos obtenidos con la fertilización potásica en los dos sistemas de explotación del prado.

Dos cortes

Junio. Se lograron incrementos poco importantes aunque significativos. Los rendimientos se mantuvieron constantes en K1 y K3 y se elevaron ligeramente en K2, manteniendo este nivel diferencias significativas con el testigo.

Setiembre. No se establecieron diferencias significativas.

Producción total. Se establecieron diferencias significativas entre todos los niveles de K con respecto al testigo, pero no se apreciaron diferencias entre los distintos niveles de K.

Tres cortes

Junio. La producción se incrementó de forma significativa con relación al testigo. Con K1 se produjo el rendimiento más elevado, para luego producirse un descenso paulatino hasta K3.

Julio y Setiembre. No se produjeron diferencias significativas, aunque la producción más alta también se alcanzó con la dosis más baja (K1).

Producción total. Se apreciaron diferencias significativas entre el testigo y la dosis más baja de potasio, que dio el rendimiento más alto (8 696 kg) de su grupo. A medida que se incrementó la fertilización potásica, disminuyeron claramente los rendimientos.

Comparación dos/tres cortes

Aunque no se apreciaron diferencias significativas entre ambos sistemas de aprovechamiento, sí hubo un ligero incremento de la producción con K1 (8,6%) en tres cortes, una igualdad en K2 y un descenso ligero en K3 (4,1%).

Nitrógeno-fósforo

En la Tabla 21 se detalla el efecto de las dosis de NP, frecuencia de corte y fraccionamiento del N sobre la producción.

Dos cortes

Junio. Se apreció un incremento significativo de los rendimientos con el abonado NP, estableciéndose diferencias significativas entre el testigo y todos los niveles de NP. No se encontró significación entre los distintos niveles de NP.

Setiembre. Sólo se establecieron diferencias significativas entre el testigo y N1P1.

Producción total. Los tres niveles de NP dieron una producción similar, superior a los 11 000 kg ha⁻¹, estableciéndose diferencias significativas respecto al testigo, pero no entre ellos.

Tres cortes

Junio. Se produjeron incrementos significativos de producción con el abonado NP, estableciéndose diferencias significativas respecto al testigo, pero no entre los diferentes niveles de NP.

Julio. No se apreciaron diferencias significativas entre tratamientos.

Setiembre. Se produjeron incrementos significativos con N1P1 y N3P3 respecto al testigo.

Producción total. Como en el caso de dos cortes, los tres niveles de NP superaron los 11 000 kg ha⁻¹ y fueron similares, estableciéndose únicamente diferencias significativas con el testigo.

Tres cortes N fraccionado

Junio. No se establecieron diferencias significativas entre los diferentes niveles de NP, aunque sí entre éstos y el testigo.

Julio. Sólo existieron diferencias significativas entre N1P1 y N2 P2 con respecto al testigo.

Setiembre. No se apreciaron diferencias significativas entre los diferentes niveles de NP, aunque sí respecto al testigo.

Producción total. Como en el caso de dos y tres cortes, no se observaron diferencias significativas entre los distintos niveles de NP, aunque sí entre éstos y el testigo. Como en los cortes anteriores, todos los tratamientos superaron los 11 000 kg ha⁻¹.

Comparación dos/tres cortes

Como se observa en la Tabla 21, no se apreciaron diferencias significativas entre ambos sistemas y prácticamente las producciones fueron similares, salvo en N3P3 que se redujo un 4,7% con tres cortes.

Comparación tres cortes/tres cortes N fraccionado

Tampoco se obtuvieron diferencias significativas entre ambas formas de aportar el N, aunque se observó que, al aumentar la dosis de NP, las diferencias entre ambas formas disminuyeron en la producción total, pasando de 3,3% en N1P1 a 0,8% en N3P3.

Si el análisis lo hacemos por cortes, las diferencias son más sustanciales. Así, aunque la media de los tratamientos con NP, disminuyó en el corte de Junio un 10,1% al fraccionarse el N, la producción aumentó en el corte de Julio un 20,6% de media, destacando en este corte N1P1 que lo hizo en un 37,3%. Por su parte en el corte de Setiembre, el incremento fue aún mayor, un 31% de media, sobresaliendo N2P2, que elevó la producción en un 42,9%.

Nitrógeno-potasio

Los efectos de las dosis de NK, la frecuencia de corte y el fraccionamiento del N sobre la producción se exponen en la Tabla 22.

Dos cortes

Junio. No se establecieron diferencias significativas entre los diferentes niveles de NK, aunque sí respecto al testigo.

Setiembre. Sólo hubo diferencias significativas entre N3K3 y el testigo.

Producción total. Como en el corte de Junio, no existieron diferencias significativas entre los niveles de NK, aunque sí respecto al testigo.

Tres cortes

Junio. Tampoco han existido diferencias significativas entre los diferentes niveles de NK, aunque sí respecto al testigo.

Julio y Setiembre. Sólo se establecieron diferencias significativas entre el testigo y los niveles más altos (N3K3), que fueron los más productivos. En el tercer corte se produce una depresión en N2K2 que mantiene diferencias significativas con N3K3.

Producción total. Se encontraron diferencias significativas de los niveles N1K1 y N3K3 respecto al testigo.

Tres cortes N fraccionado

Junio. Sólo se produjo un incremento significativo de N3K3 en relación al testigo.

Julio. No hubo diferencias significativas entre los diferentes niveles de NK.

Setiembre. Se produjeron diferencias significativas entre los niveles N2K2 y N3K3, este último fue el más productivo; así como entre el testigo y los diferentes niveles de NK.

Producción total. Se apreciaron diferencias significativas entre el testigo y los distintos niveles de NK y, dentro de estos, entre el N1K1 y N2K2 frente al N3K3, que resultó el más productivo con 11 972 kg ha⁻¹.

Comparación dos/tres cortes

En todos los tratamientos de NK se produjo una depresión de los rendimientos al pasar de dos a tres cortes con valores negativos de 5,6% (N1K1), 11,4% (N2K2) y 3,0% (N3K3), aunque en ningún caso resultaron significativos.

Comparación tres cortes/tres cortes N fraccionado

En este caso, aunque tampoco se establecieron diferencias significativas entre ambas formas de aporte, se apreció un ligero incremento de producción al fraccionar las dosis de NK: 2,3% (N1K1), 5,2% (N2K2) y un 13,4% (el mayor aumento encontrado al fraccionar el N) en N3K3.

Si de nuevo analizamos las variaciones de producción por cortes, se aprecia que en el primero, disminuyeron los rendimientos con el abonado NK una media de un 9,4%. Por el contrario, en el corte de Julio, el fraccionamiento del N incrementó de media la producción un 17,3% (un 30,8% en N1K1) y sobre todo en un 56,7% de media en el tercer corte. En este último aprovechamiento se originaron unos aumentos elevados de producción: 51,9% en N1K1, 73,9% en N2K2 y 44,3% en N3K3.

Fósforo-potasio

En la Tabla 23 se exponen las variaciones de la producción de hierba debidas a los diferentes niveles de PK y dos frecuencias de siega.

Dos cortes

Junio. No se apreciaron diferencias significativas entre los niveles de PK, aunque sí con el testigo.

Setiembre. No se encontraron diferencias significativas.

Producción total. Sigue la misma tónica anterior, no estableciéndose diferencias significativas entre los diferentes tratamientos con PK, aunque sí respecto al testigo.

Tres cortes

Junio. Tampoco existieron diferencias significativas entre los distintos tratamientos con PK, aunque sí en el testigo.

Julio y Setiembre. Sólo se establecieron diferencias significativas entre el testigo y los niveles más altos (P3K3).

Producción total. Siguió la misma pauta que en Junio, no estableciéndose diferencias entre las diferentes dosis de PK.

Comparación dos/tres cortes

Como se ve en la Tabla 23 no se observaron diferencias significativas entre las dos frecuencias de corte. No obstante, con el abonado PK se apreció un ligero incremento de los rendimientos con P1K1 (7,6%), un descenso en P2K2 (1,5%) y un incremento sustancial de un 19,2% en P3K3 -el más elevado de los tratamientos considerados- con tres cortes.

Nitrógeno-fósforo-potasio

En la Tabla 24 se detallan los efectos de diferentes niveles de NPK, la frecuencia de cortes y el fraccionamiento del N sobre la producción.

Dos cortes

Junio y Setiembre. No se produjeron diferencias significativas entre los niveles de NPK, aunque sí respecto al testigo.

Producción total. Tampoco se observaron diferencias significativas entre las dosis de NPK.

Tres cortes

Junio. Se produjeron incrementos de producción con las diferentes dosis de NPK, aunque sólo resultaron significativas respecto al testigo.

Julio. Sólo se encontraron diferencias significativas entre el testigo y la dosis más alta de NPK.

Setiembre. Se originaron diferencias entre la parcela sin abonar y la dosis baja y media de NPK.

Producción total. Tampoco se apreciaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos de NPK, tan solo respecto al testigo.

Tres cortes N fraccionado

Junio, Julio y Setiembre. Los tres cortes siguieron la misma pauta que cuando el nitrógeno no se fraccionaba, no existieron diferencias significativas entre los distintos niveles de NPK, aunque se establecieron respecto al testigo. En los tres aprovechamientos se produjo una depresión de los rendimientos en la dosis intermedia (N2P2K2) y se obtuvo la máxima producción con N3P3K3, salvo en el corte de Setiembre, en que la dosis más alta y más baja de NPK tuvieron rendimientos similares.

Producción total. Tampoco se apreciaron diferencias significativas entre los tres niveles de NPK, aunque la mayor producción se alcanzó con N3P3K3 (13 230 kg ha⁻¹), que fue el valor más elevado de todo el ensayo.

Comparación dos/tres cortes

Como en los grupos anteriores, tampoco aquí se produjeron diferencias significativas entre las dos frecuencias de siega. Los tratamientos N1P1K1 y N3P3K3 dieron prácticamente los mismos rendimientos con dos y tres cortes. Sin embargo, con N2P2K2, se produjo un incremento apreciable de los rendimientos (10,7%) con tres cortes.

Comparación tres cortes/tres cortes N fraccionado

Tampoco existieron diferencias sustanciales en los rendimientos al fraccionar el N. En los tratamientos N1P1K1 y N3P3K3 se produjo un incremento de un 5,9% y 4%, respectivamente, mientras que en N2P2K2 se originó una depresión de un 4,9%.

En cuanto al análisis por cortes se apreció con el N fraccionado un descenso medio de la producción en el corte de Junio de un 9,9%, mientras que en el de Julio se produjo un incremento medio de un 16,1% y un 29,7% en el de Setiembre. En este último aprovechamiento, hay que destacar el aumento de un 46,8% que se originó con N3P3K3.

3.3. Distribución estacional de la producción

El reparto de la biomasa conseguida a lo largo de los meses (Junio a Setiembre) en los que se realizaron los diferentes aprovechamientos, está claramente influenciado por el tipo y combinación de fertilizantes aportados, así como por la frecuencia de corte y el fraccionamiento del nitrógeno. En la Tabla 25 se indica el porcentaje sobre la producción total obtenida en cada corte, media de los diferentes tratamientos, y el que denominamos "índice de estacionalidad", que muestra la relación existente entre la producción de Junio/Setiembre, en el caso de dos cortes, o bien, Junio/Julio + Setiembre cuando se realizan tres.

TABLA 25
Distribución estacional (%) de la producción media total anual (Ensayo 9).
Seasonal distribution (%) of the average annual total yield (Trial 9).

	Junio	Set	Jun/Set	Junio	Julio	Set	Jun/Set	Junio	Julio	Set	Jun/Set
T	69,4	30,6	2,27	55,8	23,3	20,9	1,26	52,2	23,7	24,1	1,09
N	71,5	28,5	2,51	61,1	21,7	17,2	1,57	51,6	25,2	23,2	1,07
P	68,5	31,5	2,17	58,5	20,4	21,1	1,41				
K	69,2	30,8	2,25	57,4	22,6	20,0	1,35				
NP	75,0	25,0	3,00	66,2	17,6	16,2	1,96	58,5	20,8	20,7	1,41
NK	72,3	27,7	2,61	61,2	22,0	16,8	1,58	51,6	23,9	24,5	1,07
PK	67,0	33,0	2,03	57,6	21,8	20,6	1,36				
NPK	72,8	27,2	2,68	63,7	19,2	17,1	1,75	56,4	21,9	21,7	1,29

Dos cortes

Los tratamientos NP (75%), NPK (72,8%), NK (72,3%) y N (71,5%) son los que obtuvieron el mayor porcentaje de producción en Junio. Por ello, el índice de estacionalidad más alto se consiguió con NP (3,00), lo que indica que la producción de Junio triplicó a la de Setiembre. También se obtuvieron índices altos en los tratamientos NPK (2,68), NK (2,61) y N (2,51). Por su parte, los índices más bajos se consiguieron con los tratamientos PK (2,03) y P (2,17), cuyo porcentaje en Junio fue de 67% y 68,5%, respectivamente, lo que sugiere que la producción fue mucho más regular a lo largo del ciclo de crecimiento. El testigo (2,27) tomó un valor ligeramente superior a estos últimos.

Tres cortes

A medida que se incrementaron los cortes los índices bajaron sensiblemente. De esta forma, el valor más alto se siguió produciendo en NP, pero el índice ha descendido sustancialmente de 3,00 a 1,96 y el porcentaje de Junio de un 75% a un 66,2%. Ello indica que de triplicarse la producción en Junio respecto a Setiembre, ha pasado a menos del doble, respecto a la suma de Julio más Setiembre. Se mantuvieron índices altos en NPK (1,75), NK (1,58) y N (1,57), que también disminuyeron sustancialmente respecto a dos cortes. Por el contrario, los índices más bajos se obtuvieron en el testigo (1,26), K (1,35) y PK (1,36). En estos casos, los porcentajes de Junio fueron menores: 55,8%, 57,4% y 57,6%, respectivamente.

Tres cortes N fraccionado

Refiriéndonos sólo a los tratamientos que llevan nitrógeno, cabe decir, que el índice más alto se produjo, como en los casos anteriores, en NP (1,41), seguido de NPK (1,29), con porcentajes de producción en Junio de 58,5% y 56,4% respectivamente, valores sensiblemente inferiores a los obtenidos en tres cortes con el nitrógeno aportado de una vez. Por su parte, el más bajo se localizó en N y NK, en ambos casos con un valor de 1,07, el testigo obtuvo un índice muy cercano a los anteriores (1,09). Estos valores próximos a la unidad, nos indican que, prácticamente, la producción de Junio se igualó con la de Julio más Setiembre.

También al fraccionar el nitrógeno en dos cortes con un abonado NPK (ver los rendimientos de los ensayos nº 6, 7 y 8), se produjeron descensos apreciables de la producción en Junio y del correspondiente "índice de estacionalidad". Así en el nº 6 el índice (media de los cuatro niveles de N) bajó de de 3,48 a 2,72; en el ensayo nº 7 de 2,46 a 1,87 y en el ensayo nº 8 de 2,58 a 2,16.

CONCLUSIONES

Referente a los elementos fertilizantes

El fósforo constituye un elemento fundamental e imprescindible para los prados de montaña tanto como elemento simple, bien en dos o en tres cortes, como unido al potasio cuando la frecuencia de siega se incrementa. Además, el abonado fosfórico y fósfo-potásico presentan una distribución más homogénea de la biomasa a lo largo del ciclo productivo, disminuyendo la producción de Junio y aumentando la de Setiembre (dos cortes) o bien Julio y Setiembre con tres aprovechamientos.

En un segundo plano se sitúan el nitrógeno, que si bien incrementa significativamente los rendimientos - sobre todo en el primer corte- y más aún si va acompañado del abonado de fondo (PK). En las condiciones de los prados de la montaña leonesa, el abonado nitro-fosfórico y nitro-fósfo-potásico, presentan marcada estacionalidad, aumentando los rendimientos en el primer corte, en detrimento de los de Setiembre (dos cortes) o Julio y Setiembre con tres aprovechamientos.

Referente a la frecuencia de siega

La intensificación en el aprovechamiento del prado (paso de dos a tres cortes), no produjo incrementos significativos de producción, aunque aumentaron los rendimientos con los tratamientos que llevan una fuerte base fósfo-potásica; por el contrario, los abonos nitrogenados y nitro-potásicos son los que más deprimen la producción en tres cortes.

Referente al fraccionamiento del nitrógeno

En cuanto a la forma de aportar el nitrógeno, tampoco se observan diferencias significativas en la producción total entre añadirlo de una vez, en primavera, o en dos veces (primavera y después del primer corte). Sin embargo, tanto en dos como en tres cortes, cuando se fracciona el nitrógeno, disminuyen los rendimientos en el primer corte (11% de media), pero aumentan notablemente en el segundo (18%) y de forma muy importante en el tercero (39%).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALONSO RODRÍGUEZ, M. I., 1994. *Estudio ecológico y valoración de un sistema pastoral de la Montaña de León*. Tesis Doctoral. Facultad de Biología. Universidad de León. 371 pp. León (España).
- ÁLVAREZ, J.; RODRÍGUEZ, M.; CARPINTERO, C., 1990. Estudio de los suelos y vegetación de prados y pastos de la cuenca del río Porma (León). *Actas de la XXX Reunión Científica de la SEEP*, 23-30, San Sebastián (España).
- ANDRÉS LLORENTE, S., 2003. *Aplicación de la tecnología NIRS para estimar la utilización digestiva de la hierba de prados por los rumiantes*. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria, Departamento de Producción Animal I. Universidad de León, 391 pp. León (España).
- BOCHI BRUM, O., 2001. *Influencia de la época de corte, la fecha de siega, el sistema de aprovechamiento y la fertilización mineral de los prados sobre el valor nutritivo de la hierba*. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria, Departamento de Producción Animal I. Universidad de León, 311 pp. León (España).
- CALLEJA, A., 1975. Contenido mineral y variaciones producidas por la fertilización fosfatada en plantas aisladas y henos de prados permanentes de la Comarca del Porma (León). *An. Fac. Vet. de León*, **22**, 597-682.
- CALLEJA, A., RODRÍGUEZ, M., GARCÍA, R.; MORO, A., 1987. Acción del nitrógeno, fósforo y potasio sobre la economía hídrica de las plantas pratenses. *Pastos*, **XVII (1-2)**, 119-128.
- CARPINTERO, C., 1966. Estudio químico de los pastos leoneses. Fertilidad del suelo y composición mineral de la hierba. *Trabajos de la E.A.E de León*, **2**, 215-302.
- DE LA PUENTE, T.; RODRÍGUEZ, M.; CALLEJA, A.; SUÁREZ, A., 1981. Influencia de dosis crecientes de abonado N-P-K en prados de siega de montaña. I. Producción. *An. Fac. Vet. León*, **27**, 23-31.
- GARCÍA GONZÁLEZ, A., 1982. *Estudio de las comunidades vegetales de la cuenca alta del río Cares (Picos de Europa)*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de León, 279 pp. León (España).
- GARCÍA 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, 261 pp. León (España).
- GARCÍA, R.; RODRÍGUEZ, M.; MORO, A.; CALLEJA, A., 1990. Fertilización, número de siegas y valor nutritivo de forrajes pratenses. *Actas de la XXI Reunión Científica de la SEEP*, 195-199. La Rioja (España).
- LÓPEZ MARIÑO, A. M., 1997. Estudio del banco de semillas del suelo en prados y pastos del Valle de Valdeón (Picos de Europa): Influencia del manejo tradicional y comparación de dos métodos indirectos de germinación bajo ambiente controlado. Tesis Doctoral. Facultad de Biología. Universidad de León, 185 pp. León (España).

- LUCENA, F.; GARCÍA, A.; MARTÍNEZ, A.; PRAT, L., 1961. *La fertilidad química de los suelos de la provincia de León*. Diputación Provincial de León, 89 pp., León (España)
- MONTSERRAT, P., 1964. Ecología del pasto. *P. Cent. Biol. Exp.* 1, 2, Huesca (España).
- MORO, A., 1986. *Estudio físico-químico de los suelos (capa arable) de prados permanentes de la Montaña de León*. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de León, 252 pp. León (España).
- NAVASCUÉS, I., 1986. *Estructura y valoración agronómica de los prados de siega de la Comarca de Riaño*. Tesis Doctoral. Facultad de Biología. Universidad de León, 389 pp. León (España).
- PÉREZ PINTO, J. E., 1989. *Estudio botánico y mineral de prados permanentes de la cuenca del río Bernesga*. Tesis Doctoral. Facultad de Biología. Universidad de León, 768 pp. León (España).
- PÉREZ PINTO, M. 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 pp. León (España).
- RODRÍGUEZ PASCUAL, M., 1994. *Efecto de la fertilización mineral y frecuencia de siega sobre la producción, composición botánica y valor nutritivo de un prado de montaña*. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Departamento de Producción Animal I. Universidad de León, 213 pp. León (España).
- RODRÍGUEZ, M.; GARCÍA, R.; MORO, A.; CALLEJA, A., 1996. Los prados permanentes en la economía de la Montaña Leonesa. *Pastos*, **XXVI** (1), 25-37.
- RODRÍGUEZ, M.; GÓMEZ SAL, A.; GARCÍA, R.; MORO, A.; CALLEJA, A., 2001. Relaciones entre producción, diversidad y riqueza de especies en prados fertilizados. *Actas de la XLI Reunión Científica de la SEEP*, 175-180, Alicante (España).
- RODRÍGUEZ, M., 2001. *La Trashumancia. Cultura, Cañadas y Viajes*. Edilesa, 464 pp. León (España).
- SUÁREZ, A.; SANTOS, A., 1965. Experimento comparando la urea y amoníto como fertilizantes de los prados. *Trabajos de la E.A.E.*, **Vol. II**, 303-316.
- SUÁREZ, A.; CARPINTERO, C.; DÍEZ, J., 1976. Fertilización fosfatada de prados naturales. I. Influencia de diferentes tipos y dosis de fertilizantes sobre el rendimiento y la rentabilidad del abonado. *Zootechnia*, **24**, 451-266.
- SUÁREZ, A.; CARPINTERO, C.; RODRÍGUEZ, M., 1976. Respuesta de prados naturales de montaña a distintos tipos y dosis de fertilizantes nitrogenados. *Pastos*, **VI** (2), 363-375.

FORTY YEARS OF FERTILIZATION IN MEADOWS OF 'THE MONTAÑA DE LEÓN'. I. INFLUENCE ON YIELD

SUMMARY.

The area devoted to meadows in the mountains is scarce, but they give a high yield that assures the livestock winter-feeding. Therefore, any improvement on their yield or grass quality contributes to an increase in the number of animals per farm, that leads to a more efficient use of nearby rangelands and, consequently, to an improvement of mountain farms profitability and stability, and to a decrease in wood fires.

This work deals with the results of nine different trials (some published partially, others unpublished) in three different groups. In order to find out how to correct the deficiency of phosphorus in the soil, the first three experiments two different phosphate fertilisers were used (superphosphate of lime and basic slag) applied in different doses with and without addition of bovine organic manure.

Thereafter another four experiments were performed with different nitrogen fertilisers (ammonium nitrate, urea, ammonium sulphate and sodium nitrate) applied at different doses which were fractionated or not.

However the main limitation in all these experiments was their design as randomized blocks. That is the reason why in 1978 a new experiment, the most important, was established. It consists in a factorial design with 64 different treatments of fertilisation. However, only the results concerning 22 of them are showed in the present work. This trial can be divided in three periods of ten years each: in the first and second periods two and three cuts were given each year, respectively. Finally, during the third part (that has been programmed to end up in the 2007) three cuts are being done as well, being the only difference with the previous period the fractionation of the N applied.

In relation to the results of the fertilisation trials it could be suggested that P is an essential element for the mountain grasslands, so its application at doses of 160 kg P_2O_5 ha⁻¹ leads to yields of more than 10 000 kg DM ha⁻¹ year⁻¹ in management systems with two or three cuts per year. Its application together with the potassium allows to obtain a significant increase of the production, mainly in the second and third cuts. Moreover, the phosphoric and phosphate-potassium fertilisation allows to obtain a more homogeneous distribution of the biomass along the productive cycle, increasing yield in September (two cuts system) or in July and September (three cuts system) to the detriment the yield harvested in June.

The nitrogen is located in a second level of importance, increasing the yields significantly, mainly in the first cut, and especially if it is applied together with a phosphate fertiliser. Anyway the production reached with the application of P+K fertilisation is only slightly overcome when N+P or N+P+K fertilisation is used. However, it would require the application of high levels of N, which means a high energetic cost.

There were no significant differences in yield due to different forms (ammonium nitrate, ammonium sulphate amónico or sodium nitrate) of nitrogen fertilization.

The main limitation of the N+P and the N+P+K fertilisation is an important seasonal variation, increasing first cut production to the detriment of September (two cuts system) or July and September (three cuts system) cuts.

Regarding to K, this element is much more important as the frequency of harvest is increased and the N applied dose is fractionated.

There was no significant increase of the grassland production due to the frequency of harvest (two vs. three cuts). However, it could be observed an increase in the yield when P+K fertilisation was applied in the intensive management system (three cuts). On the contrary, N and N+K fertilisation depressed the production in three cuts system.

Key words: Organic manure, fertilisers.