

ENSAYOS SUSTRACTIVOS DE FERTILIZACIÓN EN PRADOS DEL PAÍS VASCO. I. EFECTO DEL N, P, Y K SOBRE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN BOTÁNICA

M. OYANARTE, G. BESGA Y M. RODRÍGUEZ

Servicio de Investigación y Mejora Agraria. Berreaga, I. 48160 Derio. Vizcaya (España).

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue cuantificar el efecto de los nutrientes N, P y K sobre la producción, composición botánica del prado y los contenidos de P y K del suelo. Para ello, se establecieron ensayos sustractivos de fertilización con los siguientes tratamientos: completo, sin N, sin P, sin K y control. El P fue el elemento más limitante (aumento de producción de hasta 6 veces) seguido del K en los suelos de baja fertilidad, mientras que si el P y K en suelo eran adecuados, el N limitaba la producción. El contenido de P del suelo aumentó mucho con la fertilización con P, pero los valores de K fueron más fluctuantes en función de las producciones anuales y de las extracciones de este elemento. Existió una relación entre los contenidos de P y K del suelo y la producción relativa, alcanzándose las máximas producciones para valores de 30-40 mg P/kg y 100-140 mg K/kg. En conclusión, cuando se conoce el efecto cuantitativo de la fertilización, ésta se puede manejar para alcanzar producciones adecuadas y controlar el equilibrio raigrás inglés/trébol blanco.

Palabras clave: Fertilidad del suelo, necesidades nutricionales, raigrás inglés, trébol blanco.

INTRODUCCIÓN

Para alcanzar niveles altos de producción en praderas mejoradas se considera que, en general, es necesaria la utilización de fertilizantes que contengan nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Para cuantificar la cantidad de fertilizante que es preciso aportar existen varias metodologías, siendo la más común de ellas el análisis químico del suelo para determinar el nivel de los "nutrientes disponibles", lo que ha llevado a la existencia de muchos métodos empíricos usando una gran variedad de soluciones extractantes. La mayor parte del éxito de las soluciones extractantes usadas en los distintos métodos ha

dependido más de calibraciones que utilizan correlaciones entre el valor analítico determinado y la producción de los cultivos que de la evaluación real de la fracción disponible de un determinado nutriente; además, el éxito se ha limitado a los tipos de suelos y condiciones climáticas en las que se han establecido las correlaciones (Andrew y Fergus, 1976).

En el caso de la Cornisa Cantábrica, los trabajos de fertilización de praderas comienzan a desarrollarse con cierta intensidad en los años 50, con el estudio de las dosis de fertilizantes minerales (Fernández-Quintanilla, 1953) y de la periodicidad de las aplicaciones (Remón, 1974) para optimizar las producciones. Más tarde, Ruiz *et al.* (1974) encontraron respuestas al N aplicado en Febrero para dosis mayores de 40 kg N/ha y, en ensayos posteriores de fertilización, Gómez-Ibarlucea *et al.* (1981) y Rodríguez y Domingo (1987) concluyeron que eran necesarios entre 50 y 100 kg P₂O₅ por hectárea y año para alcanzar producciones cercanas a la máxima. No obstante, en el caso del P, Mombiela (1986) indica que se debería tener en cuenta su efecto residual para determinar las dosis de mantenimiento. Con respecto al K se puede afirmar que este elemento influye fundamentalmente sobre la persistencia de las leguminosas en los prados (Mombiela, 1986; Rodríguez y Domingo, 1987).

En ensayos en prados del País Vasco se determinó que era improbable obtener respuestas al P en suelos con contenidos mayores de 20-25 mg P/kg (Rodríguez y Domingo, 1987) y estudios posteriores se orientaron a la aplicación del Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación a los prados del País Vasco (Rodríguez, 1990), mostrando el buen poder diagnóstico de este sistema para ordenar las necesidades nutricionales de los prados.

Como era de esperar, la mayor parte de los trabajos de fertilización se han llevado a cabo con N, P y K puesto que, en general, estos elementos son los más limitantes para la producción. No obstante, en otras condiciones también se han detectado respuestas a otros elementos como, por ejemplo, el S, que es uno de los factores más limitantes para la producción de leguminosas en muchas áreas de Estados Unidos de América (Griffith, 1974), el B, Cu, Fe, Mn, Mo y Zn, etc. (Reid y Jung, 1974) mostrando que las praderas y forrajes pueden responder también a la fertilización con estos elementos. Por tanto, el objetivo de este trabajo fue cuantificar el efecto de la falta de los nutrientes N, P, K, S, Ca y Mg, y de los micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo y Co) sobre la producción y composición botánica de los prados, y sobre la composición mineral de la hierba del prado, del raigrás inglés y del trébol blanco. En el presente artículo se describen resultados relativos al N, P y K, dejándose para artículos posteriores el resto de los resultados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos sustractivos se establecieron en cinco localidades, tres en Vizcaya (Bedia, Ganguren y Orozko) y dos en Alava (Lezama y Ozaeta). En Vizcaya, las localidades escogidas tratan de abarcar la variabilidad climática de la provincia, mientras que en Alava corresponden a la Comarca Cantábrica (Lezama) y a la Comarca de Estribaciones del Gorbea, en el límite sur del aprovechamiento de las praderas permanentes. El clima en el área de estudio es templado y húmedo pero la abundante nubosidad, la proximidad al mar y la disposición del relieve actúan como elementos modificadores de la dinámica atmosférica.

El ensayo de Bedia estaba situado en una ladera de orientación W, la vegetación anterior era una repoblación forestal (*Pinus radiata* D. Don) con vegetación arbustiva (*Ulex europaeus* L., *Rubus fruticosus* L.) y helecho (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn). Es un suelo productivo, cuando se corrige la falta de nutrientes, por su profundidad y capacidad de retención de agua y se clasifica como Umbric Dystrochrept (SSS, 1992). El ensayo de Ganguren estaba situado en una ladera SW, en un terreno de fuerte pendiente. Es un suelo de baja fertilidad, moderadamente profundo pero en una fuerte pendiente, lo que limita su potencial productivo; se clasifica como Ochreptic Hapludult (SSS, 1992). El ensayo de Orozko se estableció en un terreno situado sobre una pequeña loma de pendiente casi llana, su vegetación anterior era una pradera degradada con *Agrostis capillaris* L., *Festuca ovina* L., salpicada de manchas de brezo (*Erica* spp.) y helecho. Por su situación geográfica, en la cara N del monte Gorbea, es menos susceptible a la sequía estival. El suelo se clasifica como Lithic Udorthent (SSS, 1992).

La parcela de Lezama estaba en un terreno llano o casi llano, junto a un pinar, se trataba de un prado natural dominado por *Festuca arundinacea* Schreber, *Agrostis capillaris* L., *Trifolium pratense* L., *Taraxacum officinale* Web. y *Plantago lanceolata* L. Es un suelo de fertilidad apropiada en el horizonte A debido a la fertilización aplicada en el pasado; el adecuado pH y la profundidad favorecen una capacidad productiva grande; se clasifica como Typic Udorthent (SSS, 1992). El ensayo de Ozaeta estaba situado en una parcela suavemente ondulada, se trata de un suelo de fertilidad media en el horizonte superior por aplicaciones anteriores de fertilizantes, y se clasifica como Typic Xerorthent (SSS, 1992). En la Tabla 1 se muestran otras características de los suelos de las praderas estudiadas.

TABLA 1
**Propiedades del horizonte superficial y características de los suelos
 en las localidades de ensayo.**

Properties of the surface horizon and soil characteristics at the locations under study.

| | Bedia | Ganguren | Orozko | Lezama | Ozaeta |
|----------------------|------------|-----------|-----------|----------------|----------------|
| Altitud (m) | 300 | 300 | 475 | 300 | 570 |
| Roca Madre | Areniscas | Areniscas | Areniscas | Margas calizas | Margas calizas |
| Profundidad (cm) | 76 | 55 | 40 | 140 | 35 |
| Textura | Fr-arc-lim | Franca | Franca | Fr-arc-lim | Franco-limosa |
| pH | 4,5 | 4,5 | 5,6 | 6,2 | 7,9 |
| M.O. (%) | 5,2 | 2,8 | 4,5 | 9,4 | 4,3 |
| Saturación Bases (%) | 8 | 11 | 48 | 85 | 100 |
| P Olsen (mg/kg) | 0,5 | 0,7 | 28,5 | 18,6 | 12,5 |
| K disponible (mg/kg) | 79 | 56 | 120 | 413 | 200 |

Establecimiento de los ensayos

En Bedia, al estar cubierto el terreno por una vegetación arbustiva, se realizó una transformación con laboreo, se arrancaron los tocones con ganchos y se arrastró la vegetación con una pala excavadora, amontonándola para ser posteriormente quemada. Se hicieron varios pases con grada y se retiraron manualmente las raíces visibles del terreno. En Ganguren el ensayo se llevó a cabo en un prado establecido en Octubre de 1986, momento en el que se habían aplicado 400 kg/ha de 8-24-16. En Orozko se preparó el suelo con pases superficiales de grada, por tratarse de una cubierta vegetal no arbustiva. En Lezama no se realizó ninguna labor preparatoria por tratarse de un prado permanente. Finalmente, el prado de Ozaeta se había establecido en Octubre de 1986 y en aquel momento se aportaron 500 kg/ha del abono complejo 12-24-8.

En las parcelas de Bedia y Orozko se sembró una mezcla de raigrás inglés, variedades Verna y Reveille, y trébol blanco, variedad Huia, a dosis de 12,5, 12,5 y 5 kg/ha, respectivamente, y tras la siembra manual se dio un pase de rulo. En Orozko la implantación inicial de la pradera fue débil, si bien tampoco había una gran invasión de la vegetación anterior (en Enero de 1987), por lo que se resembró con la misma dosis de siembra en Marzo de 1987. Las fechas de siembra y aplicación de los tratamientos fertilizantes a los ensayos se muestran en la Tabla 2.

TABLA 2

Fechas de siembra y de aplicación de los tratamientos en las parcelas de ensayo.*Dates of sowing and treatment application for the pastures under study.*

| Fecha | Bedia | Ganguren | Orozko | Lezama | Ozaeta |
|---------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Siembra | 16-04-1987 | 10-1986 | 15-09-1986 | permanente | 10-1986 |
| Abonado | 16-04-1987 | 02-04-1987 | 25-09-1986 | 08-04-1987 | 31-03-1987 |

Tratamientos y diseño

Se realizaron ensayos de fertilización de tipo sustractivo, con un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, siendo la parcela elemental de 2,5 m². Los ensayos consistieron en 8 tratamientos:

Tratamiento Completo (Trt-Completo)**Macronutrientes**

N: 60 kg/ha en forma de urea (46% N), en dos aportaciones en primavera. El segundo y tercer año la dosis se aumentó a 120 kg/ha, en tres aportaciones (dos en primavera y una en otoño).

P: 180 kg/ha en forma de fosfato monocálcico.

K: 200 kg/ha en forma de cloruro potásico (60% de K₂O).

S: 80 kg/ha en forma de S elemental.

Ca+Mg: 3000 kg/ha de dolomita (46-48% CaO y 26-28% MgO).

Micronutrientes

Fe: 5 kg/ha en forma de sulfato ferroso.

Mn: 10 kg/ha en forma de carbonato de manganeso.

Cu: 6 kg/ha en forma de óxido cúprico.

Zn: 5 kg/ha en forma de óxido de zinc.

B: 1.25 kg/ha en forma de tetraborato sódico.

Mo: 2 kg/ha en forma de molibdato amónico.

Co: 0.1 kg/ha en forma de sulfato de cobalto.

Tratamiento sin N (Trt-N): Es idéntico al Trt-Completo, pero sin N.

Tratamiento sin P (Trt-P): Es igual al Trt-Completo, aunque sin aportación de P.

Tratamiento sin K (Trt-K): Se suprime el K del Trt-Completo.

Tratamiento sin S (Trt-S): Como el Trt-Completo pero sin S.

Tratamiento sin Ca ni Mg (Trt-CaMg): Es igual al Trt-Completo pero sin Ca ni Mg.

Tratamiento sin Micronutrientes (Trt-Mic): Como el Trt-Completo pero sin Micronutrientes.

Tratamiento Control (Trt-Control): Sin ningún abonado.

Los tratamientos fertilizantes se aplicaron todos los años en todas las localidades, excepto en 1988 en Lezama y Ozaeta, ya que se consideró que el nivel de fertilidad de los suelos en estas localidades en aquel año era suficientemente elevado.

Controles realizados

Los prados se controlaron durante el periodo 1987 a 1989, excepto los de los ensayos de Orozko y Lezama que se dieron por terminados al final de 1988. Para determinar la producción se realizaron cortes cuando la hierba alcanzaba una altura de 18-20 cm (Tabla 3).

TABLA 3

Fechas de corte de cada localidad y año de estudio.

Table 3. Cutting dates for each location and year of study.

| Año | Corte | Bedia | Ganguren | Orozko | Lezama | Ozaeta |
|------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|
| 1987 | I | 28-07 | 21-05 | 20-05 | 14-05 | 19-05 |
| | II | 3-11 | – | 27-07 | 07-08 | 06-07 |
| 1988 | I | 28-03 | 12-05 | 20-04 | 29-04 | 05-05 |
| | II | 17-05 | 29-06 | 16-06 | 24-06 | 23-06 |
| | III | 13-07 | 20-09 | 17-08 | 19-08 | 31-08 |
| | IV | 23-09 | 11-11 | 26-10 | 09-11 | – |
| | V | 25-11 | – | – | – | – |
| 1989 | I | 30-03 | 21-04 | – | – | 09-05 |
| | II | 10-05 | 24-05 | – | – | 20-06 |
| | III | 29-06 | – | – | – | – |

Para determinar el porcentaje de contribución en peso del raigrás inglés, trébol blanco y especies no sembradas a la producción total, en todos los prados, excepto el de Lezama, se empleó el método Step-Point (Evans y Love, 1957), transformándose dichas frecuencias mediante las ecuaciones propuestas por Garaita *et al.* (1990) en porcentajes en peso seco de esas especies sobre el peso total de la hierba.

En el momento del corte se tomaban dos muestras de hierba, una para determinar el porcentaje de materia seca en el total de la hierba (secando en estufa de aire forzado a 60-70 °C unas 18 horas hasta alcanzar un peso constante) y realizar las determinaciones analíticas, y la otra, para obtener las muestras de raigrás inglés y trébol blanco para su análisis.

Después del último aprovechamiento de cada año se recogían muestras de los primeros 5 cm de suelo mediante un muestreador con una cazoleta pinchando 10-15 veces en cada parcela. Una vez secada la muestra al aire (en estufa a < 35 °C), se la hacía pasar por un tamiz de 2 mm de luz y en esta muestra se determinaba el P asimilable por el método Olsen y el K asimilable mediante una extracción con acetato amónico a pH 7,0 (MAPA, 1994).

Para el análisis de los datos se ha utilizado el programa estadístico SAS (SAS, 1988), en particular, el modelo GLM para determinar las significaciones de los factores y de sus interacciones, y a continuación se ha realizado la separación de medias mediante el Test de Duncan ($P < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción acumulada en el periodo de estudio

La producción acumulada es la suma de la producción de todos los cortes a lo largo del periodo de estudio. Las producciones son parecidas en todas las localidades a pesar de que en Orozko y Lezama el ensayo sólo duró dos años (Tabla 4). Esto se debe a que en estas localidades el año 1987 fue más productivo que en las otras localidades y, además, en estas otras localidades el año 1989 fue poco productivo ya que a partir de Julio apenas llovió y no se cortaron los prados.

TABLA 4

Producción acumulada (t MS/ha) en las localidades de ensayo para el período de estudio.

Cumulative yield (t DM/ha) for the study locations and the period of study.

| Tratamiento | Bedia | Ganguren | Orozko | Lezama | Ozaeta |
|--------------|--------|----------|--------|--------|--------|
| Trt-Completo | 24,8 a | 17,2 a | 19,2 a | 18,0 a | 20,3 a |
| Trt-N | 22,4 b | 14,9 ab | 19,7 a | 13,5 b | 14,6 b |
| Trt-P | 7,7 d | 11,9 c | 15,2 b | 16,9 a | 19,8 a |
| Trt-K | 18,7 c | 14,1 bc | 16,4 b | 16,6 a | 21,2 a |
| Trt-Control | 4,2 e | 5,4 d | 9,8 c | 12,7 b | 13,4 b |

Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($P < 0,05$)

La fertilidad de los suelos se refleja en los Trt-Control donde se observa que los suelos de Lezama y Ozaeta tienen una fertilidad adecuada, Orozko intermedia, y Bedia y Ganguren baja. El elemento más limitante fue el P y a continuación el K, en Bedia, Ganguren y Orozko, mientras que en Lezama y Ozaeta el N fue el elemento más limitante. Si se comparan el Trt-Completo y el Trt-Control, en Bedia la aplicación de fertilizante aumentó la producción por un factor de 6, en Ganguren de 3, en Orozko de 2, y en Lezama y Ozaeta de 1,5 aproximadamente, indicando el posible grado de respuesta productiva de los prados a la aplicación de una fertilización completa (Tabla 4).

En general, el porcentaje de raigrás fue máximo en el Trt-K seguido por el Trt-Completo, por la alta disponibilidad de nutrientes en el Trt-Completo y por la disminución del contenido de trébol blanco cuando no se aplicó K (Tabla 5). Esta disminución del contenido de trébol cuando no se aplica K coincide con lo manifestado por Mombiola (1986), si bien en la montaña de Riaño, en León, Rodríguez *et al.* (1980) no observaron ningún efecto del aporte de abono potásico sobre la composición florística de los prados. El Trt-P disminuyó el contenido de las especies sembradas, si bien el trébol blanco se vio más afectado que el raigrás en las localidades en que el P era muy limitante. En esta línea Harris (1987) señala que la aplicación de P puede aumentar el poder competitivo del trébol en un prado mixto gramínea/leguminosa. Asimismo, Menéndez de Lúcar *et al.* (1975) y Morton *et al.* (1994) encontraron que la fertilización fosfatada aumentaba el porcentaje de leguminosas en las praderas. Por el contrario, Acuña y Wilman (1993), en un ensayo en el que la aplicación de 100 kg P/ha aumentó la producción del prado un 10%, encontraron que en el año de siembra el raigrás se benefició más que el trébol blanco, pero en años posteriores ambas especies se beneficiaron igualmente, sugiriendo que la aplicación de P puede estimular la propagación del trébol blanco en un prado abierto en el año de la implantación, pero quizás no aumentar el poder competitivo del trébol blanco cuando crece con gramíneas vigorosas. No obstante, el P fue también el elemento más limitante en la producción de raigrás inglés (Tabla 5), ya que incluso en suelos con niveles moderados de P (16-25 mg/kg) las gramíneas pueden responder al aporte de este nutriente (Paynter y Dampney, 1991).

El Trt-N disminuyó la proporción de raigrás del prado, pero esta disminución estuvo compensada por el aumento del porcentaje de trébol, que no responde productivamente a las aplicaciones de N (Piñeiro y Pérez, 1978; Rangeley y Newbould, 1985), aunque sí disminuye la fijación de N por parte del trébol (González, 1982). En general, cuando la fertilidad es adecuada, el aporte de N se traduce en una disminución de la proporción de trébol blanco que, a su vez, se compensa por el aumento de la proporción de raigrás, y viceversa (Lorenzo y Labayen, 1976; Suárez *et al.*, 1976; Rodríguez *et al.*, 1980).

TABLA 5

Porcentajes de contribución medios anuales de raigrás inglés (Rg), trébol blanco (Tb) y especies no sembradas (NS) para cada tratamiento y localidad de estudio.

Average annual percentage of contribution of perennial ryegrass (Rg), white clover (Tb) and unsown species (NS) for each treatment and location of study.

| Tratamiento | Bedia | | | Ganguren | | | Orozko | | | Ozaeta | | |
|--------------|-------|------|------|----------|------|------|--------|-------|------|--------|------|-------|
| | Rg | Tb | NS | Rg | Tb | NS | Rg | Tb | NS | Rg | Tb | NS |
| Trt-Completo | 72 a | 25 b | 3 c | 44 b | 18 b | 38 a | 52 bc | 21 b | 27 b | 79 a | 20 b | 1 c |
| Trt-N | 56 b | 36 a | 8 c | 29 d | 31 a | 40 a | 50 bc | 27 a | 23 b | 58 b | 36 a | 6 ab |
| Trt-P | 33 c | 14 c | 53 b | 48 b | 8 c | 44 a | 58 b | 13 c | 29 b | 76 a | 22 b | 2 bc |
| Trt-K | 75 a | 19 c | 6 c | 55 a | 7 c | 38 a | 67 a | 7 d | 26 b | 78 a | 17 b | 5 abc |
| Trt-Control | 17 d | 5 d | 78 a | 37 c | 21 b | 42 a | 46 c | 11 cd | 43 a | 55 b | 36 a | 9 a |

Valores seguidos de la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes ($P < 0.05$)

Producciones relativas acumuladas

Para facilitar la comparación de las respuestas a los tratamientos en localidades con producciones muy distintas, como Bedia y Ganguren, se relativizaron las producciones del total de la hierba, del raigrás inglés y del trébol blanco en cada localidad, mediante la expresión: $PR (\%) = (\text{producción del tratamiento considerado} / \text{producción máxima}) * 100$.

En Bedia, el P fue el elemento más limitante para la producción del prado (Tabla 6), ya que fue el Trt-P el de menor PR (33%), junto con el Trt-Control (15%). La producción de raigrás y de trébol fueron limitadas por el P (disminución del 87% y del 91% de la producción de raigrás y de trébol, respectivamente), cifras que son ligeramente superiores a las dadas por Mombiela y Mateo (1982) en un ensayo sobre esquistos y granitos en Galicia.

En Ganguren, el N fue el elemento cuya ausencia tuvo el efecto más desfavorable para la producción relativa de raigrás (PR_{Rg} , 32%); no obstante, la producción relativa total en este tratamiento (PR, 79%) estuvo compensada por el trébol blanco (PR_{Tb} 100%). El Trt-K dio la mayor producción de raigrás, aunque en dicho tratamiento la producción de trébol disminuyó en un 75%. Se debe señalar que en el Trt-P la PR_{Rg} (68%) fue mayor que la PR_{Tb} (23%) lo que parece indicar que el raigrás es menos sensible a la falta de P que el trébol quizás debido a su sistema radicular más desarrollado. Esto coincide con lo observado por otros autores (Jackman y Mouat, 1972) que indican que a niveles moderados de P en suelo, las leguminosas dependen más de la fertilización con P que las gramíneas, de-

bido a la menor capacidad del sistema radicular de las leguminosas para absorber P, especialmente en el momento del establecimiento del prado (Askin, 1990)

TABLA 6

Producciones Relativas acumuladas (%) del total de la hierba (Tot), raigrás inglés (Rg) y trébol blanco (Tb) en el período de estudio.

Cumulative Relative Yields (%) of the herbage (Tot), perennial ryegrass (Rg) and white clover (Tb) for the period of study.

| | | Tratamientos | | | | |
|----------|-----|--------------|-------|--------|-------|-------------|
| | | Trt-Completo | Trt-N | Trt-P | Trt-K | Trt-Control |
| Bedia | Tot | 100 a | 84 b | 33 d | 71 c | 15 e |
| | Rg | 100 a | 66 c | 13 d | 78 b | 3 e |
| | Tb | 81 b | 100 a | 9 d | 48 c | 2 d |
| Ganguren | Tot | 100 a | 79 b | 73 b | 86 b | 29 c |
| | Rg | 91 a | 32 c | 68 b | 100 a | 14 c |
| | Tb | 72 b | 100 a | 23 c | 25 c | 25 c |
| Orozko | Tot | 97 a | 100 a | 76 b | 83 b | 49 c |
| | Rg | 91 ab | 92 ab | 77 b | 100 a | 36 c |
| | Tb | 76 b | 100 a | 42 c | 22 d | 20 d |
| Lezama | Tot | 100 a | 75 b | 95 a | 93 a | 72 b |
| Ozaeta | Tot | 95 a | 66 b | 93 a | 100 a | 61 b |
| | Rg | 94 a | 45 b | 90 a | 100 a | 42 b |
| | Tb | 74 bc | 100 a | 83 abc | 42 c | 97 ab |

Valores seguidos de la misma letra en la misma fila no son significativamente diferentes ($P < 0.05$)

En Orozko, en el Trt-P y en el Trt-K se obtuvieron las menores PR del total de la hierba (76% y 83%, respectivamente), si bien fueron superiores al Trt-Control (49%). Ello se debió, por una parte, a que el nivel de P del suelo de Orozko no fue lo suficientemente alto para mantener la PR_{Rg} y PR_{Tb} en el Trt-P al mismo nivel que en los tratamientos en los que se aportó P. Por otra parte, la PR_{Tb} fue mínima en el Trt-K, mientras que la PR_{Rg} fue máxima, lo que indica que el raigrás es más eficiente que el trébol en la absorción de K y compite fuertemente con el trébol blanco por el K disponible del suelo. Según Reith *et al.* (1973), el trébol es más sensible que las gramíneas a bajos contenidos de K, y además es un débil competidor por el K (Dunlop y Hart, 1987).

La mayor diferencia entre Orozko y el resto de las localidades estudiadas fue que el Trt-N y el Trt-Completo presentaron iguales PR_{Rg} , mientras que en las demás localidades en el Trt-N siempre hubo menores PR_{Rg} que en el Trt-Completo. Esto fue debido a que en Orozko la dosis de siembra fue doble; el prado se implantó con laboreo, lo que aumenta la mineralización de la materia orgánica del suelo, y la producción de trébol en el Trt-N fue muy alta en los dos años (Figura 1), a diferencia del resto de las localidades, viéndose la influencia del N fijado por el trébol en la no respuesta del raigrás al Trt-N. El trébol blanco favorece al raigrás, al aumentar la disponibilidad de N en el suelo, estando la producción de raigrás más correlacionada con la producción de trébol en el año anterior que en el mismo año (Rodríguez, 1990). Además, en Orozko el ensayo sólo duró dos años por lo que no se vio la posible disminución del porcentaje de raigrás en el prado que, por ejemplo, en Bedia y Ganguren se hizo muy patente en el tercer año del ensayo.

Debido a la fertilidad inicial del suelo de Lezama (18,6 mg P/kg y 413 mg K/kg), en esta localidad la producción relativa total en todos los tratamientos fue igual, excepto en el Trt-Control (72%) y en el Trt-N (75%), indicando que aun en suelos moderadamente fértiles es necesario un abonado nitrogenado ya que la mineralización de la materia orgánica del suelo no es capaz de suministrar N mineral a la velocidad suficiente para satisfacer las necesidades de la hierba, en particular, de las gramíneas.

En Ozaeta, en el Trt-N se obtuvieron las PR_{Rg} más bajas (45%) junto al Trt-Control (42%) y, puesto que el raigrás supuso los mayores porcentajes de contribución a la producción total, también ésta estuvo limitada por la falta de N. Sin embargo, la producción de raigrás no disminuyó en el Trt-P a pesar de que el contenido de P del suelo de Ozaeta era bajo (12,5 mg P/kg). La PR_{Tb} en el Trt-K fue mínima (42%), incluso menor que en el Trt-Control, lo que parece indicar que no es sólo la falta de K (ya que el contenido inicial de K en el suelo de Ozaeta era 200 mg K/kg) lo que perjudica la producción de trébol, sino la mayor facilidad de absorción de K por parte del raigrás.

Producción y composición botánica anual

El efecto del año sobre la producción se debió, fundamentalmente, a dos causas. Por una parte, el año 1987 fue el primer año productivo de los prados por lo que se realizaron menos cortes que en 1988 y, además, las producciones fueron mucho menores en las localidades menos fértiles, como Bedia y Ganguren, en donde no se alcanzaron las 4 t MS/ha aun en los tratamientos más productivos (Fig. 1). Por otra parte, el año 1989 fue un año muy seco a partir de Julio y los prados se vieron afectados por la falta de agua (en Ganguren la producción en 1989 fue el 54% de la de 1988 y en Ozaeta el 63%) mostrando el

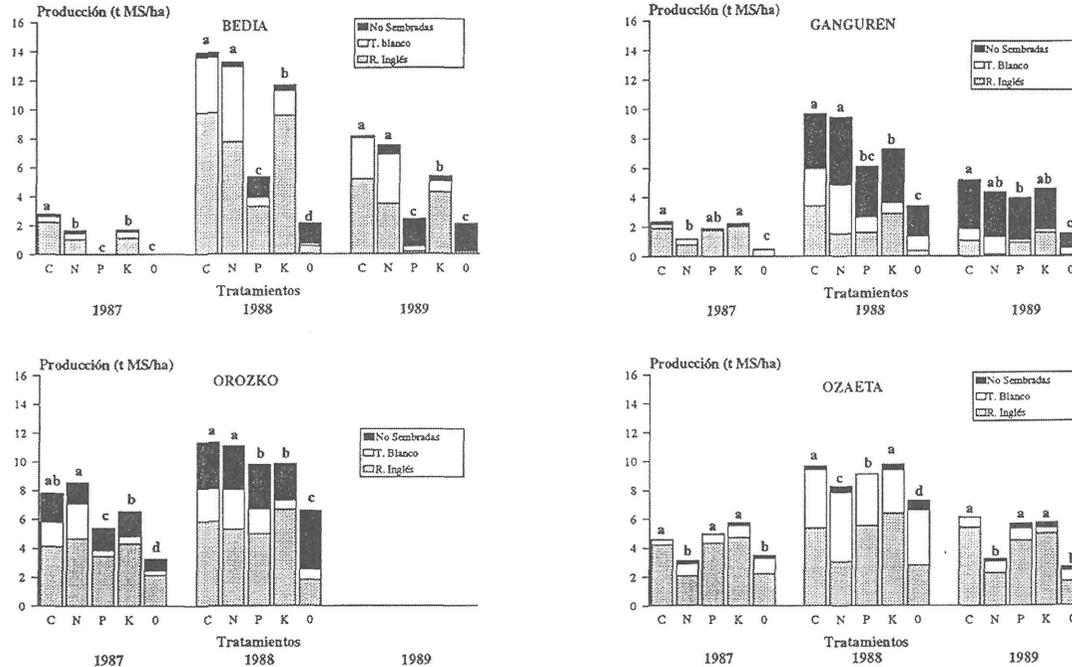


FIGURA 1

Producción de raigrás inglés, trébol blanco y especies no sembradas, para el período de estudio (C=Trt-Completo; N=Trt-N; P=Trt-P; K=Trt-K; 0=Trt-Control). Producciones totales acompañadas de la misma letra para una misma localidad y año no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Yield of perennial ryegrass, white clover and unsown species, for the period of study (C=Trt-Complete; N=Trt-N; P=Trt-P; K=Trt-K; 0=Trt-Control). Total yields associated to the same letter for the same location are not significantly different ($P < 0.05$).

efecto de la fuerte pendiente y exposición SW en Ganguren mientras que el prado de Ozaeta, que corresponde a una zona de transición climática hacia el clima mediterráneo, fue menos afectado ya que la producción está más concentrada en primavera.

TABLA 7

Porcentaje de contribución media anual de raigrás inglés, trébol blanco y especies no sembradas en todas las localidades (media de todos los tratamientos).

Average annual percentage of contribution of perennial ryegrass, white clover and unsown species for each location (average for all treatments).

| | Año | R. Inglés | T. Blanco | No sembradas |
|----------|------|-----------|-----------|--------------|
| Bedia | 1987 | 69 a | 22 a | 9 c |
| | 1988 | 59 b | 20 a | 21 b |
| | 1989 | 41 c | 22 a | 37 a |
| Ganguren | 1987 | 86 a | 11 c | 3 c |
| | 1988 | 26 b | 24 a | 50 b |
| | 1989 | 17 c | 16 b | 67 a |
| Orozko | 1987 | 61 a | 15 a | 24 b |
| | 1988 | 49 b | 16 a | 35 a |
| Ozaeta | 1987 | 78 a | 18 b | 4 a |
| | 1988 | 52 b | 44 a | 4 a |
| | 1989 | 78 a | 16 b | 6 a |

Valores seguidos de la misma letra en la misma localidad y columna no son significativamente diferentes ($P < 0,05$)

Si se consideran las distintas especies, 1988 fue el año con mayores producciones de raigrás inglés, llegándose a alcanzar una producción media de 6,2 t MS/ha en Bedia. En 1988 se obtuvieron también las mayores producciones de trébol blanco, paralelamente a la producción total, llegando a 3,9 t MS/ha de media en Ozaeta. Excepto en Ozaeta, donde el porcentaje de especies no sembradas se mantuvo constante, en las otras localidades se observó un aumento progresivo de las especies no sembradas a lo largo del periodo de estudio, llegando a alcanzar el 67% en 1989 en Ganguren (Tabla 7). Esto es indicativo de que los prados van siendo invadidos por especies más rústicas y menos productivas, adaptadas a las condiciones edafoclimáticas del área de estudio.

El porcentaje de trébol blanco fue máximo en Ganguren y Ozaeta en 1988 y constante en Bedia y Orozko (Tabla 7). A pesar de no ser 1987 el año más productivo, los mayores porcentajes de raigrás se dieron en este año (una media del 74% entre todas las localidades) lo que indica una mayor capacidad del raigrás, en contraposición al trébol blanco, para un rápido establecimiento y que la persistencia del raigrás fue menor que la del trébol. Esto se puede explicar parcialmente por el hecho de que en los prados sometidos a un manejo de corte y que no reciben fertilización nitrogenada aumenta la proporción relativa de trébol blanco (Davies, 1992). No obstante, en Ozaeta el porcentaje de raigrás fue el 78% en 1987 y 1989, mientras que la fluctuación en el porcentaje de trébol blanco se debió al fuerte aumento de la producción de trébol blanco en el año 1988, 3,9 frente a 0,7 t MS/ha en 1987.

En Bedia la pradera se estableció en la primavera de 1987 y la producción fue muy baja, prácticamente nula, en los Trt-P y Trt-Control, mientras que el Trt-Completo llegaba a 2,8 t MS/ha (Fig. 1). En 1988, la producción alcanzó valores de 13,9 y 13,2 t MS/ha en los Trt-Completo y Trt-N, respectivamente, si bien en el Trt-P y en el Trt-Control la producción fue de 5,3 y 2,1 t MS/ha, indicando que se trataba de un suelo productivo cuando se fertilizaba. En 1989 se mantiene la misma tendencia pero por la falta de lluvia se alcanzaron sólo valores máximos de 8,2 t MS/ha en el Trt-Completo y 7,5 t MS/ha en el Trt-N. En el tercer año la producción de los Trt-P y Trt-Control estaba ya dominada por las especies no sembradas. La disminución del porcentaje de trébol blanco en el prado en el Trt-K mostró que esta especie estaba muy limitada por niveles bajos de K en suelo debido a la competencia de las gramíneas (Baylor, 1974; Mombiola, 1986). En Ganguren y Orozko el comportamiento de los prados fue relativamente semejante a Bedia, pero la invasión de especies no sembradas fue mucho más acentuada incluso en el Trt-Completo y el Trt-N.

El prado de Lezama no mostró ninguna respuesta productiva a la aplicación de P y K y, al tratarse de un prado permanente, la diferencia productiva entre los años 1987 y 1988 fue menor que en las otras localidades. En los tratamientos en los que se aplicó N las producciones medias fueron 6,8 y 10,3 t MS/ha en 1987 y 1988, respectivamente, mientras que en los tratamientos sin N se obtuvieron unas producciones medias de 5,2 y 7,9 t MS/ha en 1987 y 1988, respectivamente. Estos aumentos de producción son ligeramente superiores a los encontrados en gramíneas en prados de León por Suárez *et al.* (1976), pero ligeramente inferiores a los de Roselló e Hidalgo (1977) en el caso de prados de regadío de *Lolium multiflorum* var. *Westerwoldicum*.

El prado de Ozaeta se comportó de manera relativamente distinta de los anteriores debido a que el suelo era más fértil y con un pH más alto (saturación de bases del 100%). Cuando no se aportó N disminuyó la producción de raigrás y no hubo respuesta a la aporte

tación de P y K. De hecho, en prados mixtos de raigrás inglés y trébol blanco el N limita el crecimiento del raigrás en primavera y verano, incluso aunque las concentraciones de N en planta sean altas a finales de invierno o principios de primavera (McNaught y Dorofaeff, 1968).

Relación entre la producción relativa total y las producciones relativas de raigrás inglés y trébol blanco

La relación entre la PR del prado y la PR_{Rg} fue nula hasta que la PR_{Rg} alcanzó el 30%, pero a partir de este nivel existió una estrecha relación entre ambos parámetros, indicando que en prados mejorados la permanencia del raigrás inglés es fundamental para mantener la capacidad productiva de aquéllos (Figura 2). En el Trt-K los valores de la PR del prado fueron más bajos que en el Trt-Completo y Trt-N, indicando una vez más que cuando se aplica K la contribución del trébol blanco a la producción total es mayor. La relación entre la PR del prado y la PR_{Tb} es, en cierto modo, complementaria a la anterior (Figura 2). A niveles inferiores al 20% de PR_{Tb} la relación entre ambas producciones relativas fue ascendente, debido, fundamentalmente, a la falta de P, que limitó la producción de la gramínea e hizo que la del trébol blanco tuviera mayor influencia sobre la producción total. Sin embargo, cuando no existió una limitación de P no hubo una relación entre ambos parámetros, lo que significa que la producción del prado dependió, fundamentalmente, de la producción de raigrás inglés.

Contenido de P y K del suelo

En Bedia, el contenido medio de P en los suelos a los que se aportó este elemento aumentó de 42,2 mg/kg en 1987 a 63,6 mg/kg en 1988 y 85,4 mg/kg en 1989, es decir, hubo un incremento aproximado de 20 mg/kg de P en cada uno de los años de estudio como resultado del aporte de 180 kg P/ha (Tabla 8). De igual manera, en Ganguren, el contenido de P pasó de 57,7 mg/kg en 1987 a 101,8 y 132,0 mg/kg en 1988 y 1989, respectivamente, debido a que en esta localidad, donde hubo menores producciones y, en consecuencia, menores extracciones, una mayor parte del P añadido se encontraba en el suelo de forma disponible. Por el contrario, en Ozaeta donde no se aportó fertilizante en 1988, el contenido de P pasó de 85,9 mg/kg en 1987 a 44,4 mg/kg en 1988 indicando que las extracciones por parte de las plantas o la retrogradación a formas no disponibles causaron una disminución considerable del P disponible. Estos valores son relativamente bajos en comparación con las recuperaciones de P dadas por otros autores (Mombiela *et al.*, 1986, Roca y Pomares, 1987), si bien los datos no son directamente comparables entre los distintos ensayos. De cualquier manera, la proporción de P que permanece en el sue-

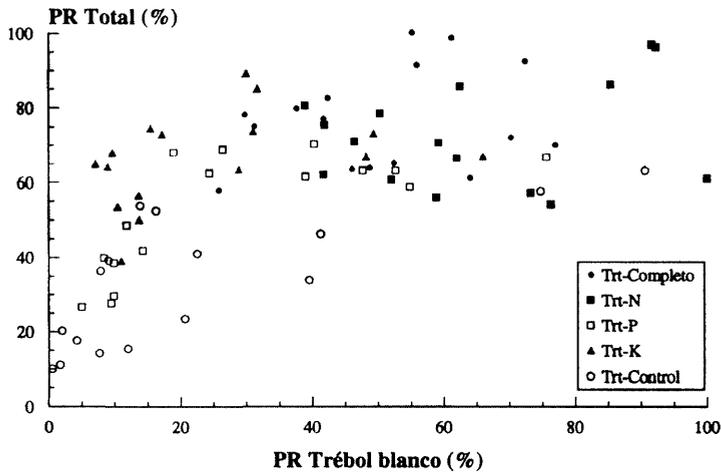
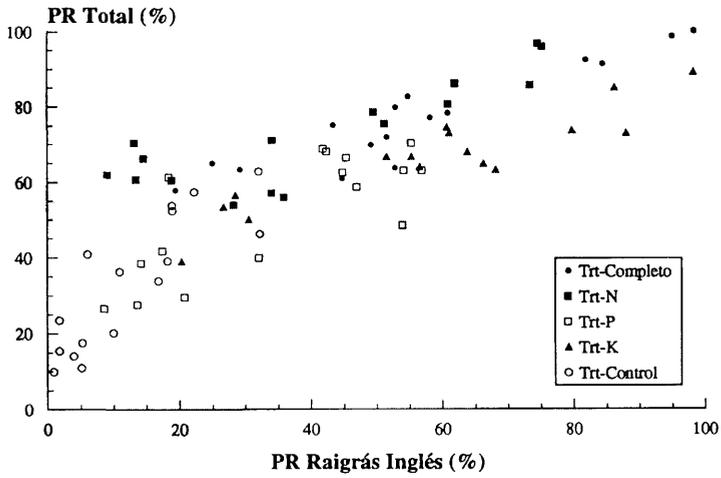


FIGURA 2

Relación entre la producción relativa total y la producción relativa de raigrás inglés y trébol blanco para el conjunto de las localidades estudiadas en 1988.

Relationship between the total relative yield and the relative yield of perennial ryegrass and white clover for all the locations under study in 1988.

lo es lo suficientemente grande para ser tenida en consideración cuando se realizan planes de fertilización a largo plazo. Ferrer *et al.* (1980) y Amella *et al.* (1990) en sus estudios sobre pastos de caseríos guipuzcoanos dan cifras medias de 36 mg P/kg y 52 mg P/kg en parcelas explotadas por siega y pastoreo, respectivamente, explicando que las parcelas en pastoreo se suelen fertilizar con las mismas dosis de fertilizante que las de siega y, además, reciben también los nutrientes de las deyecciones; al propio tiempo se pone de manifiesto que en prados fertilizados, los niveles medios de P disponible aumentaron hasta valores semejantes a los hallados en este estudio, aunque no se alcanzaron valores tan altos debido a que la cantidad de P aplicada en los ensayos sustractivos fue muy elevada.

TABLA 8
Efecto del año y del tratamiento sobre el contenido de P del suelo.
Year and treatment effect on soil P content.

| Localidad | Año | Tratamiento | | | | |
|-----------|------|--------------|---------|--------|---------|-------------|
| | | Trt-Completo | Trt-N | Trt-P | Trt-K | Trt-Control |
| Bedia | 1987 | 39,3 a | 49,9 a | 3,1 b | 37,5 a | 4,2 b |
| | 1988 | 63,0 a | 71,0 a | 3,8 b | 56,9 a | 3,8 b |
| | 1989 | 85,8 a | 83,4 a | 4,3 b | 87,2 a | 4,4 a |
| Ganguren | 1987 | 40,3 b | 62,7 a | 6,2 c | 70,5 a | 9,0 c |
| | 1988 | 91,4 a | 109,8 a | 9,2 b | 104,3 a | 9,6 b |
| | 1989 | 128,7 a | 126,8 a | 9,4 b | 142,1 a | 10,4 a |
| Orozko | 1987 | 31,9 a | 33,4 a | 7,3 b | 36,3 a | 6,8 b |
| | 1988 | 67,0 a | 72,6 a | 9,8 b | 73,3 a | 9,2 b |
| Lezama | 1987 | 100,6 a | 93,3 a | 37,6 b | 89,2 a | 32,2 b |
| | 1988 | 77,5 a | 79,4 a | 33,1 b | 61,1 a | 34,8 b |
| Ozaeta | 1987 | 83,8 ab | 65,0 bc | 27,8 c | 108,9 a | 26,2 c |
| | 1988 | 49,8 a | 40,9 a | 18,1 b | 42,6 a | 18,4 b |
| | 1989 | 89,2 a | 96,2 a | 16,3 b | 81,1 a | 17,3 b |

Valores seguidos de la misma letra en la misma fila no son significativamente diferentes ($P < 0,05$)

En los tratamientos que no recibieron P, su contenido permaneció muy constante en las localidades con bajos niveles de P en suelo, indicando que la hierba extrajo todo el P a partir del P liberado, probablemente, por la mineralización de la materia orgánica (Hemwall, 1957). No obstante, la producción disminuyó por la falta de P en Bedia y Ganguren,

mientras que en Lezama y Ozaeta, con un contenido moderado de P, bajó ligeramente su nivel en suelo.

El contenido de K del suelo mostró una variabilidad mucho mayor que la del P, tanto por efecto de su mayor movilidad en el suelo como por las mayores extracciones por parte de las plantas (Tabla 9). Así, por ejemplo, en Bedia en 1987 el contenido medio de K en suelo en los tratamientos que recibieron este elemento fue de 247 mg/kg, mientras que en 1988 bajó a 136 mg/kg y en 1989 volvió a subir a 188 mg/kg. El contenido de K en Ganguren en aquellos tratamientos que recibieron K bajó de 130 mg/kg en 1987 a 104 en 1988 y 1989, indicando que todo el K aplicado fue extraído por la hierba o, más probablemente, perdido por lixiviación ya que la parcela tenía una pendiente fuerte y la textura del suelo era franca.

TABLA 9
Efecto del año y del tratamiento sobre el contenido de K del suelo.
Year and treatment effect on soil K content.

| Localidad | Año | Tratamiento | | | | |
|-----------|------|--------------|--------|--------|-------|-------------|
| | | Trt-Completo | Trt-N | Trt-P | Trt-K | Trt-Control |
| Bedia | 1987 | 241 a | 264 a | 235 a | 131 b | 117 b |
| | 1988 | 100 b | 113 b | 194 a | 63 c | 124 b |
| | 1989 | 121 c | 148 b | 294 a | 70 a | 160 b |
| Ganguren | 1987 | 112 b | 140 a | 138 a | 73 c | 80 c |
| | 1988 | 83 bc | 97 c | 135 a | 61 c | 105 b |
| | 1989 | 87 b | 93 b | 131 a | 54 c | 78 b |
| Orozko | 1987 | 107 ab | 114 ab | 125 a | 77 c | 99 b |
| | 1988 | 95 a | 112 a | 127 b | 57 b | 96 a |
| Lezama | 1987 | 239 a | 233 a | 195 ab | 160 b | 167 b |
| | 1988 | 153 a | 129 a | 155 a | 133 a | 139 a |
| Ozaeta | 1987 | 153 a | 153 a | 168 a | 112 b | 118 b |
| | 1988 | 107 a | 105 a | 108 a | 83 b | 101 a |
| | 1989 | 113 b | 132 a | 126 ab | 80 c | 89 c |

Valores seguidos de la misma letra en la misma fila no son significativamente diferentes ($P < 0.05$)

En Lezama, en 1987 el contenido de K del suelo en los tratamientos que recibieron K fue de 222 mg/kg, mientras que en los que no lo recibieron fue de 164 mg/kg; sin em-

bargo, al no fertilizarse en 1988, el nivel de K del suelo descendió a niveles semejantes en todos los tratamientos (media de 142 mg K/kg) mostrando que se tiende a alcanzar rápidamente un cierto valor en un determinado suelo.

En Ozaeta, el contenido medio de K del suelo, en los tratamientos a los que se aportó K en 1987, bajó de 158 mg/kg a 107 mg/kg en 1988 y volvió a subir a 124 mg/kg en 1989, mostrando la fuerte fluctuación de los niveles de este elemento como consecuencia de los aportes de fertilizante y de las extracciones por parte de la hierba. En 1989, el efecto de los tratamientos quedó reflejado por el menor contenido de K del suelo en el Trt-Completo que en el Trt-N debido a la menor producción obtenida con este último tratamiento.

Relación entre la producción relativa anual y los contenidos de P y K del suelo

En las Figuras 3 y 4 se representan las producciones relativas de hierba total, de raigrás inglés y de trébol blanco en 1988 frente al contenido de P y K del suelo al final de dicho año. Para determinar aquellas concentraciones de P y K que se asocian con producciones relativas altas se utilizó el método gráfico de Cate-Nelson (Nelson y Anderson, 1977).

Las producciones relativas del total de la hierba fueron ascendiendo a medida que el P disponible aumentó hasta alcanzar 40 mg/kg (Fig. 3). Cuando los niveles oscilaban entre 40 y 80 mg P/kg se alcanzaron las producciones relativas máximas y cuando se superó los 80 mg P/kg las producciones relativas máximas comenzaron a descender, indicando que el exceso de P aplicado puede llegar a ser perjudicial para la producción o que la limitación de la producción en alguna localidad hacía que se acumulara P en suelo. Esta acumulación de P en los horizontes superficiales del suelo, muy por encima de los niveles considerados como adecuados, ha sido mencionada por diversos autores (Matar *et al.*, 1992).

Si se representa la producción relativa frente al contenido de K del suelo, no se observa una relación entre tal contenido de K en suelo y la producción de hierba. El contenido de K del suelo fue más bajo en el Trt-K si bien la producción relativa varió entre el 40 y el 90%, indicando el rango de deficiencias de K en las localidades estudiadas. Los niveles más altos de K estuvieron relacionados con el Trt-P, dado que las extracciones fueron mínimas para este tratamiento en algunas localidades. Las producciones relativas máximas se asociaron con valores entre 75 y 125 mg K/kg, por debajo de 75 mg/kg no se alcanzó la máxima producción y, cuando por encima de 125 mg/kg se alcanzaban producciones máximas, los niveles de K del suelo descendieron hasta los valores citados debido a las fuertes extracciones.

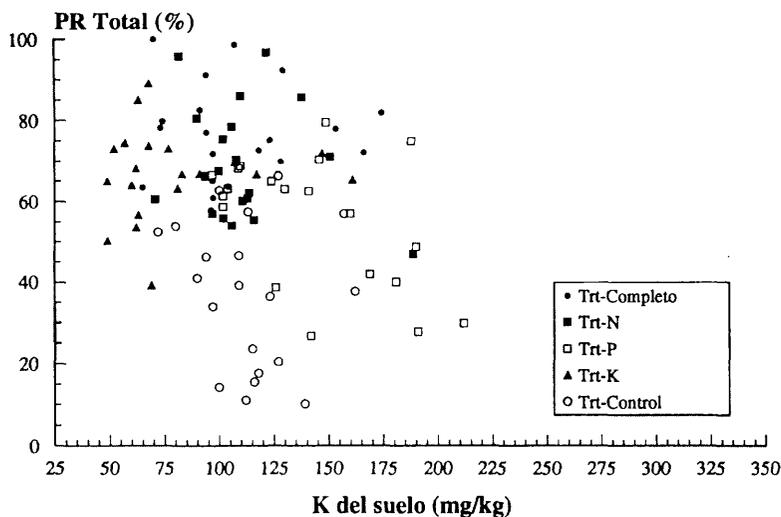
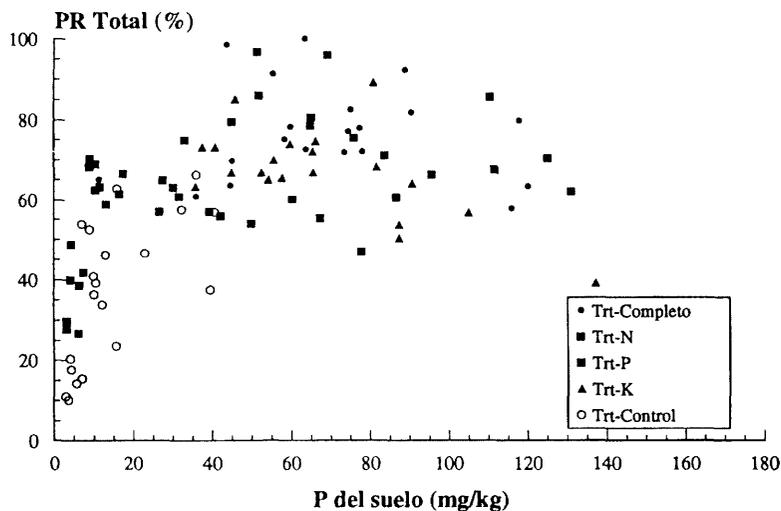


FIGURA 3

Relación entre la producción relativa del total de la hierba en 1988 y el contenido de P y K disponible (mg/kg) del suelo al final de 1988, para el conjunto de las localidades estudiadas.

Relationship between the total relative yield of herbage in 1988 and the available soil P and K content (mg/kg) at the end of 1988 for all the locations under study.

El raigrás constituye la base de la producción de muchos tipos de prados mejorados y es una especie exigente en fertilidad, lo cual determina que aparezca de forma más acentuada la relación que se ha comentado anteriormente. Así, hasta que el nivel de P del suelo no alcanzó 30 mg/kg las producciones relativas quedaron por debajo del 55% de la máxima producción, siendo necesario un nivel de 45 mg P/kg para que la PR_{Rg} llegara hasta el 95-100% del máximo obtenido, y al sobrepasar la concentración de 80 mg/kg la PR_{Rg} comenzaba a disminuir (Figura 4). Se observó, también, un paralelismo entre el comportamiento del prado y el del raigrás inglés, si bien se debe matizar en dos aspectos: a) a niveles bajos de P del suelo, la presencia de especies no sembradas y de trébol blanco compensaron parcialmente la fuerte disminución de la PR_{Rg} , b) a niveles medios-altos existió una compensación de la producción entre el raigrás inglés y el trébol blanco que hizo que la relación de la producción relativa de la hierba con el P del suelo fuera mucho mejor que con cada una de las especies por separado. La relación entre el K del suelo y la PR_{Rg} fue semejante a la del total de la hierba, y se obtuvieron rangos para el K del suelo semejantes a los encontrados para el total de la hierba.

Por otra parte, una tendencia semejante a la del raigrás fue observada para el trébol blanco, aunque con valores ligeramente diferentes. A medida que aumentaron los contenidos de P del suelo hasta llegar a un nivel de 20-30 mg/kg, las producciones relativas aumentaron también gradualmente hasta alcanzar un máximo indicando una estrecha relación entre ambos parámetros en este rango. Estas cifras son ligeramente más altas que las dadas por el MAFF (1985), es decir, valores de P disponible del suelo entre 16 y 25 mg/L (equivalente a 13-21 mg/kg para una densidad aparente de 1,2 g/cm³) para asegurar una buena persistencia del trébol en el prado. Por el contrario, Simpson *et al.* (1987) no encontraron una relación positiva entre la persistencia del trébol blanco y el nivel de P en prados de monte, si bien esto puede ser debido al pastoreo selectivo de las ovejas que puede llegar a eliminar completamente el trébol blanco en este tipo de prados (Yarrow y Penning, 1994). Nuestros resultados también ponen de manifiesto que la PR_{Tb} máxima se obtuvo con niveles de 30-80 mg/kg de P del suelo, disminuyendo cuando se sobrepasó este nivel. En comparación con el raigrás la diferencia fundamental fue que se alcanzaron las máximas producciones relativas con valores menores de P en suelo. En la Figura 4 se observa también claramente un aumento de las producciones relativas de trébol blanco a medida que el contenido de K del suelo aumentó de 50 a 100 mg/kg, para llegar a ser máximas entre 100 y 140 mg/kg de K, y descender por encima de este valor, lo cual está asociado a la disminución de las extracciones y aumento subsiguiente del contenido de K del suelo. A diferencia que en el caso del raigrás, las máximas producciones relativas se alcanzaron con valores superiores de K en suelo. Esto último se puede explicar por la fuerte competencia de las gramíneas que ha-

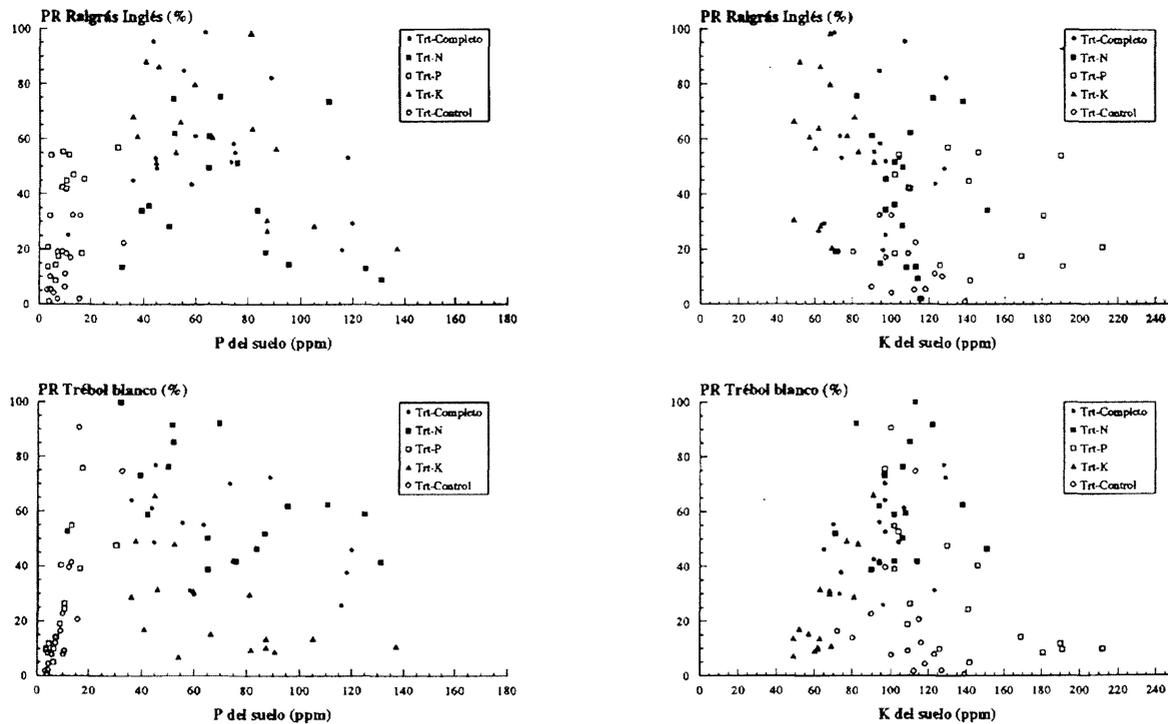


FIGURA 4

Relación entre la producción relativa del raigrás inglés y del trébol blanco en 1988, y el contenido de P y K disponible (mg/kg) en suelo al final de 1988, para el conjunto de las localidades estudiadas.

Relationship between the relative yield of perennial ryegrass and white clover in 1988, and the available soil P and K content (mg/kg) at the end of 1988 for all the locations under study.

ce que se necesiten valores superiores de K en suelo para satisfacer las demandas nutricionales del trébol blanco.

CONCLUSIONES

La fertilización de los prados aumentó considerablemente la producción de hierba y el P fue el elemento más limitante en los suelos estudiados. La falta de K limitó la producción del trébol blanco y la falta de N la del raigrás. El contenido de P del suelo aumentó con la aplicación anual de fertilizante fosfórico, por lo que se debe considerar el efecto residual de este elemento, mientras que el del K es variable debido a la fuerte influencia de la producción anual del prado. Un manejo adecuado de la fertilización puede permitir alcanzar niveles de producción y de relación raigrás inglés/trébol blanco adecuados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACUÑA, G.H.; WILMAN, D., 1993. Some effects of added phosphorus on perennial ryegrass-white clover swards. *Grass and Forage Science*, **48**, 416-420.
- AMELLA, A.; FERRER, C.; MAESTRO, M.; OCAÑA, M., 1990. Posibilidades de su utilización por pastoreo. En: *Explotación de pastos en caseríos guipuzcoanos*, 55-134. Ed. A. AMELLA, C.FERRER. Departamento de Agricultura y Economía Agraria. Universidad de Zaragoza. Miguel Servet, 177. Zaragoza.
- ANDREW, C.S.; FERGUS, I.F., 1976. Plant nutrition and soil fertility. En: *Tropical Pasture Research. Principles and Methods*, 101-133. Ed. N.H. SHAW, W.W. BRYAN. Commonwealth Agricultural Bureau, Farnham Royal, Bucks (Reino Unido).
- ASKIN, D.C., 1990. Pasture establishment. En: *Pastures: their Ecology and Management*, 132-156. Ed. R.H.M. LANGER. Oxford University Press. Oxford (Reino Unido).
- BAYLOR, J.E., 1974. Satisfying the nutritional requirements of grass-legume mixtures. En: *Forage Fertilization*, 171-188. Ed. D.A. MAYSA, ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin (EEUU).
- DAVIES, A., 1992. White clover. *Biologist*, **39**, 129-133.
- DUNLOP, J.; HART, A.L., 1987. Mineral nutrition. En: *White clover*, 153-183. Ed. M.J. BAKER, W.M. WILLIAMS. CAB International (Reino Unido).
- EVANS, R.A.; LOVE, R.M., 1957. The step-point method of sampling. A practical tool in range research. *J. Range Mgt.*, **10**, 208-212.
- FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, C., 1953. Fertilización de praderas. *Hojas Divulgadoras* 1, 53 pp. Ed. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- FERRER, C.; AMELLA, A.; MAESTRO, M.; OCAÑA, M., 1980. Explotación de pastos en caseríos guipuzcoanos. I. La producción de hierba. *Trabajos del IEPGE*, núm. 46. Miguel Servet, 177. Zaragoza.
- GARAITA, M.M.; GARAITA, R.; BESGA, G.; CENTER, M.; RODRÍGUEZ, M., 1990. Estimación del porcentaje de contribución en peso de los componentes botánicos de una pradera mediante una medida de frecuencia. *Actas de la XXX Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 224-231.

- GÓMEZ-IBARLUCEA, C.; GARCÍA GÓMEZ, A.; PRIETO, V.; GONZÁLEZ ARRAEZ, E., 1981. Fertilización fosfo-potásica en praderas naturales de Galicia y Asturias. *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Serie: Agrícola*, **16**, 45-55.
- GONZÁLEZ, A., 1982. Respuesta de la pradera mixta a la aplicación de nitrógeno. Fijación de nitrógeno. *Pastos*, **12(1)**, 107-118.
- GRIFFITH, W.K., 1974. Satisfying the nutritional requirements of established legumes. En: *Forage Fertilization*, 141-169. Ed. D.A. MAYS. ASA, CSSA, SSSA, Madison, Wisconsin (EEUU).
- HARRIS, W., 1987. Population dynamics and competition. En: *White clover*, 203-298. Ed. M.J. BAKER, W.M. WILLIAMS. CAB International (Reino Unido).
- HEMWALL, J.B., 1957. The fixation of phosphorus by soils. *Advances in Agronomy*, **9**, 95-112.
- JACKMAN, R.H.; MOUAT, M.C.H., 1972. Competition between grass and clover for phosphate. II. Effect of root activity, efficiency of response to phosphate, and soil moisture. *J. Agric. Res.*, **1**, 667-675.
- LORENZO, J.; LABAYEN, J.M., 1976. Campaña de abonado en praderas (1971-1974), en Navarra. *Pastos*, **6(1)**, 39-64.
- MAFF, 1985. White clover. *Pamphlet 3009*. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Londres (Reino Unido).
- MAPA, 1994. *Métodos oficiales de análisis. Tomo III*. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General de Alimentación. Dirección General de Política Alimentaria, 662 pp. Madrid (España).
- MATAR, A.; TORRENT, J.; RYAN, J., 1992. Soil and fertilizer phosphorus and crop responses in the Dryland Mediterranean Zone. *Advances in Soil Science*, **18**, 81-147.
- MCNAUGHT, K.J.; DOROFÄEFF, F.D., 1968. Effect of magnesium fertilizers and season on levels of inorganic nutrients in a pasture on Hamilton clay loam. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, **11**, 551-559.
- MENENDEZ DE LUARCA, S.; KARLOVSKY, J.; RATERA, C., 1974. Estudio comparativo de métodos de mejora de praderas en el Norte de España. *Pastos*, **4(1)**, 19-30.
- MOMBIELA, F.A., 1986. Importancia del abonado en la producción de los pastos de la zona húmeda española. *Actas de la XXVI Reunión de la SEEP*, 213-242.
- MOMBIELA, F.A.; MATEO, M.E., 1982. Respuesta a seis dosis de P y de cal en el establecimiento de praderas permanentes en dos tipos de suelos gallegos a monte. *Pastos*, **12(1)**, 187-201.
- MOMBIELA, F.A.; NELSON, L.A.; FERNANDEZ, A.; GONZÁLEZ-ANDÚJAR, J.L., 1986. Residual soil P values for permanent pastures on reclaimed scrubland from Galicia (NW Spain). I. Theory and model evaluation. *Fertilizer Research*, **9**, 199-212.
- MORTON, J.D.; O'CONNOR, M.B.; RISK, W.H.; NGUYEN, L.; SINCLAIR, A.G.; JOHNSTONE, P.D.; SMITH, L.; ROBERTS, A.H.C., 1994. Effects of triple superphosphate and Sechura phosphate rock on clover and nitrogen content of pasture. *New Zealand Journal of Agric. Res.*, **37**, 567-575.
- NELSON, A.L.; ANDERSON, R.L., 1977. Partitioning of Soil Test-Crop Response Probability. En: *Soil testing: Correlating and interpreting the analytical results*, 19-38. Ed. T.R. PECK, J.T. COPE, D.A. WHITNEY. ASA Special Publication Number 29. ASA, CSSA, SSSA, Madison, Wisconsin (EEUU).
- PAYNTER, R.M.; DAMPNEY, P.M.R., 1991. The effect of rate and timing of phosphate fertilizer on the yield and phosphate offtake of grass grown for silage at moderate to high levels of soil phosphorus. *Grass and Forage Science*, **46**, 131-137.
- PIÑEIRO, J.; PÉREZ, M., 1978. El nitrógeno en una mezcla de Ray-grass italiano y Trébol violeta. *Pastos*, **8(2)**, 239-263.

- RANGELEY, A.; NEWBOULD, P., 1985. Growth responses to lime and fertilizers and critical concentrations in herbage of white clover in Scottish hill soils. *Grass and Forage Science*, **40**, 265-277.
- REID, R.L.; JUNG, G.A., 1974. Effects of elements other than nitrogen on the nutritive value of forage. En: *Forage Fertilization*, 395-435. Ed. D.A. MAYS. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin (EEUU).
- REITH, J.W.S.; ROBERTSON, R.A.; INKSON, R.H.E., 1973. The nutrient requirements of herbage on deep acid peat. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, **80**, 425-434.
- REMÓN, J., 1974. Ensayos de abonado en prado natural en Santander. *Pastos*, **4(1)**, 42-52.
- ROCA, J.; POMARES, F., 1987. Movilidad y transformaciones en el suelo del fertilizante fosforado aplicado en un ensayo de campo de cítricos sometido a no laboreo. *Inves. Agr.: Prod. Prot. Veg.*, **2**, 237-242.
- RODRÍGUEZ, M.; PUENTE, T. de la; CALLEJA, A., 1980. Relaciones entre el abonado NPK y la composición botánica en prados de regadíos de la montaña leonesa. *Pastos*, **10(1)**, 105-113.
- RODRÍGUEZ, M.; DOMINGO, M., 1987. Fertilización nitro-fosfo-potásica en praderas naturales del País Vasco. *Pastos*, **17(1-2)**, 203-218.
- RODRÍGUEZ, M., 1990. *Desarrollo y evaluación del sistema integrado de diagnóstico y recomendación (DRIS) para la fertilización de praderas permanentes*. Tesis Doctorales No. 9. 255 pp. Servicio Central de Publicaciones. Gobierno Vasco.
- ROSELLÓ, B.; HIDALGO, J.J., 1977. Influencia de la fertilización nitrogenada sobre la producción anual del *Lolium multiflorum* var. *Westerwoldicum*. *Pastos*, **7(1)**, 102-111.
- RUIZ, F.; KARLOVSKY, J.; RATERA, C., 1974. Fertilización nitrogenada en praderas. *Pastos*, **4(1)**, 31-41.
- SAS Institute Inc., 1988. *SAS/STAT™ User's Guide*, Release 6.03 Edition. SAS Institute Inc., 1028 pp. Cary, NC (EEUU).
- SIMPSON, D.; WILMAN, D.; ADAMS, W.A., 1987. The distribution of white clover (*Trifolium repens* L.) and grasses within six sown hill swards. *Journal of Applied Ecology*, **24**, 201-216.
- SOIL SURVEY STAFF (SSS), 1992. *Keys to Soil Taxonomy*, 5th edition. SMSS technical monograph, 19. Potomac Press, Inc. 556 pp. Blacksburg, Virginia (EEUU).
- SUÁREZ, A.; CARPINTERO, C.; RODRÍGUEZ, M., 1976. Respuesta de prados naturales de montaña a distintos tipos y dosis de fertilizantes nitrogenados. *Pastos*, **6(2)**, 363-375.
- YARROW, N.H.; PENNING, P.D., 1994. Managing grass/clover swards to produce differing clover proportions. *Grass and Forage Science*, **49**, 496-501.

EFFECT OF NITROGEN, PHOSPHOROUS AND POTASSIUM ON PASTURE YIELD IN THE BASQUE COUNTRY

SUMMARY

The objective of this work was to quantify the effect of the nutrients N, P and K on yield, floristic composition of the meadow, and P and K soil contents. With this aim fertilizer subtractive trials were established with the following treatments: complete, without N, without P, without K and control. Phosphorous was the most deficient element (yield increases up to 6 times) followed by K in low fertility soils, whereas if soil P and K were adequate, N limited the yield. Soil P increased greatly with P fertilization, but soil K was more variable showing the influence of annual yields and associated extractions of this element. There was a relationship between soil P and K, and relative yields, with maximum relative yields for soil P values between 30-40 mg/kg and soil K values between 100-140 mg/kg. As a conclusion, when the quantitative effect of fertilization is known it can be managed to reach adequate productions and to control the perennial ryegrass/white clover equilibrium in the pasture.

Key words: Soil fertility, nutritional requirements, perennial ryegrass, white clover.