

## La dehesa y los recursos forrajeros: fertilización, laboreo y siembra de forrajes. I. Influencia en el medio natural (suelo y vegetación)

J. L. Martín Polo<sup>1\*</sup>, C. J. Valle Gutiérrez<sup>2</sup>, A. Blanco de Pablos<sup>3</sup> y M. E. Sánchez Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Junta de Castilla y León. Centro de Investigación del Toro de Lidia. C/ Cordel de Merinas, s/n.  
37008 Salamanca. España

<sup>2</sup>Universidad de Salamanca. Facultad de Farmacia. Departamento de Botánica. Avda. Lcdo. Méndez Nieto, s/n.  
37007 Salamanca. España

<sup>3</sup>Consejo Superior de Investigaciones Científicas. C/ Cordel de Merinas, s/n. 37008 Salamanca. España

---

### Resumen

Se estudió el impacto ecológico que produjo sobre el medio natural (suelo y vegetación) la aplicación de las variables fertilización fosfórica, laboreo superficial de pastos y laboreo profundo con siembra de forraje en dos suelos, uno desarrollado sobre pizarras y el otro sobre granitos, durante el período 1994-1997. En el suelo se controló la variación de diversas propiedades químicas (pH, materia orgánica, elementos asimilables) y físicas (humedad, granulometría). En la vegetación espontánea se controló la cobertura y composición florística, así como la duración del efecto residual, con el fin de estimar el período aconsejable para la repetición de estas prácticas. Los resultados indican una disminución del contenido de materia orgánica del suelo y de la cobertura vegetal en las siembras de forraje. Los contenidos de materia orgánica se recuperaron muy lentamente a lo largo de más de cuatro años. La cobertura y la vegetación se recuperaron a partir del tercer año, llegando la cobertura al final del ensayo con valores superiores a los iniciales, y en el rebrote o rastrojo de avena se pudieron reconocer pastizales pertenecientes a unidades sintaxonómicas (*Koelerio-Coryneporetea* y *Molinio-Arrhenatheretea*). Las parcelas de pasto fertilizadas se enriquecieron en leguminosas, y las fertilizadas y labradas en leguminosas y gramíneas. En los rastrojos dominaron las compuestas en el primer año, perdiendo presencia con el tiempo.

**Palabras clave:** impacto ecológico, pH, materia orgánica, humedad, granitos, pizarras, pastizales.

### Abstract

#### Forages resources in «dehesa» system: fertilization, tillage and forage sowing. I. Influence to the environment (soil and vegetation)

This work studies the ecological impact to the environment (soil, vegetation) produced by the application of different treatments, such as phosphoric fertilization, superficial tillage on the pasture, or deep ploughing and sowing fodder, on two types of soil, slate and granite over the period 1994-1997. The evolution of the chemical and granulometric composition of the soil and also the covering and floral composition of the vegetation was monitored. The duration of the residual effect was also considered, in order to determine the best possible time to carry out these practices. The evolution of the pH and the levels of organic matter, carbon, nitrogen, calcium, phosphorus, potassium, clay, lime and humidity were the main factors surveyed on the soil. For each type of treatment, the floral abundance and density of the vegetation was recorded and catalogued. One of the conclusions obtained was that both the content in organic matter of the soil and the floral cover decreases with sowing of fodder. The recovery of the soil organic matter usually takes more than four years, whereas the vegetation cover reaches its initial levels after three years. By the end of the experimental period these cover levels are even higher than the original ones. In three year old oat stubble, pastures that can be related to syntaxonomic units (*Koelerio Coryneporetea* y *Molinio-Arrhenatheretea*) were seen. The plots of fertilized pasture showed higher levels of legumes whereas the plots that had been fertilized and ploughed showed increased values of both legumes and grasses. The oat stubble showed higher levels of Composites after the first year, but their presence decreased with time.

**Key words:** ecological impact, pH, organic matter, humidity, granite, slate, pasture.

---

\* Corresponding author: cagliadia@jcyl.retecal.es

Received: 08-06-01; Accepted: 30-10-02.

## Introducción

Los sistemas adeshados se han conseguido con las prácticas del pastoreo y redileo, laboreo, fertilización y siembra de cereales y forrajes, así como con podas y cortas del arbolado acertadamente controladas por el hombre, dando como resultado un ecosistema estable. Son complejos porque comprenden suelos heterogéneos, diferentes tipos de vegetación, de animales, de manejo, influenciados por la disponibilidad de medios y por el criterio empresarial. Ello ha originado diferentes sistemas: desde aquellos que disponen de superficie labrada capaz de suministrar forraje, durante las épocas de alimentación suplementaria, a otros en los que es necesario importar alimento al sistema. La variabilidad de producción de pasto hace que se rote parte del suelo para cultivar cereales y disponer de forrajes henificados y rastrojeras como fuente segura de alimento (Quintana y Prieto, 1981).

La actividad prioritaria de los sistemas adeshados es la producción de carne en régimen extensivo y, en menor proporción, lana, caza y ocio. Por nuestra situación en España, es necesario competir con sistemas de otros países comunitarios (Francia, Reino Unido, Alemania...), más favorecidos en condiciones climáticas y tecnológicas, y en definitiva, más productivos. Frente a esta competencia mencionada, disponemos de mayor superficie de explotación, y de mejor calidad del producto final. Nuestro objetivo sería reducir los costos de producción, mediante la optimización de los recursos naturales disponibles como laboreo, fertilización y siembra de forrajes, utilizando mejor la climatología, especialmente el agua de lluvia, factor limitante de la productividad. El laboreo, la fertilización y la siembra de forrajes son prácticas agrícolas con alta repercusión sobre el medio natural y por tanto de gran riesgo ecológico (Granda y Prieto, 1991; Ansin *et al.*, 2000).

El objetivo del trabajo fue estudiar la evolución de determinadas propiedades químicas del suelo (pH, materia orgánica, elementos asimilables) y físicas (humedad, granulometría), cobertura y composición florística de la vegetación espontánea, así como el período de recuperación necesario para una nueva aplicación.

## Material y métodos

El ensayo se llevó a cabo en dos parcelas que se dejaron de labrar hace 25 años, una sobre suelo limo-ar-

cilloso desarrollado sobre pizarras (Cambisol dístico), a 920 m de altitud en el término municipal de San Pedro de Rozados; otra en un suelo arenoso desarrollado sobre granitos (Umbrisol haplico), a 790 m de altitud en el término municipal de Gejuelo del Barro, ambos en la provincia de Salamanca.

Durante el periodo de ensayo (entre mayo de 1994 y junio de 1998) se estudió la climatología, las propiedades químicas y granulométricas, el contenido de humedad del suelo, la composición florística y su evolución con el tiempo en cada uno de los tratamientos ensayados.

## Tratamientos y datos climáticos

Se consideró el pasto natural como tratamiento testigo (E). Cuando éste se fertilizó con 250 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato del 18% en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dio lugar al tratamiento (F). (F) junto con un laboreo superficial (5-10 cm) con cultivador, solo el primer año de ensayo (1994), es (L). Para la preparación de la siembra de avena (A), se hizo una labor de vertederas, pase de cultivadores y siembra, con densidad de 135 kg ha<sup>-1</sup>, previa fertilización con 250 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato del 18%. La preparación del terreno se hizo en la primavera anterior a la siembra, que se llevó a cabo a primeros de octubre.

La avena se sembró cada año en una superficie nueva, abandonando la del año anterior a los sucesivos rastrojos, R1, R2, R3 y R4, según fueran de un año, dos, tres o cuatro, respectivamente. Parte de estos rastrojos se fertilizaron con 250 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato y otra parte no, dando lugar a los tratamientos R1F1, R2F1, R2F2, R3F1, R3F2 y R3F3, si la fertilización era de uno, dos o tres años, F1, F2, F3, respectivamente.

El tamaño de las parcelas fue de 667 m<sup>2</sup> para los tratamientos E, F y L y de 2000 m<sup>2</sup> para el A. El tratamiento A se abandonó como rastrojo o rebrotes, se subdividió dando lugar al ensayo de rastrojos (R) y rastrojos fertilizados (RF) antes comentados, con un tamaño de parcela de 500 m<sup>2</sup> para cada uno. En todos los tratamientos se realizaron tres repeticiones.

Consideramos la precipitación, temperatura media y mínima, como las variables climáticas más influyentes sobre la producción de pastos y forrajes en la zona de ensayo (Martín Polo, 1976). Los datos climáticos (precipitación y temperatura) se registraron mediante estaciones meteorológicas automáticas instaladas en cada campo de ensayo. La unidad central fue una Starlog-Macro (Unidata Modelo 7000B). Esta uni-

dad central estaba programada para hacer un barrido cada 2 minutos, registrando la media o la cantidad de agua acumulada cada hora.

## Composición y evolución del suelo

### *Análisis químico y granulométrico*

Se tomaron muestras de suelo de horizontes superficiales (20-25 cm), valorándose los parámetros de pH por el método de pasta saturada, materia orgánica (MO) por el método de Walkley-Black; nitrógeno (N) por el Kjeldahl modificado; relación carbono nitrógeno (C/N); fósforo (P) asimilable según Bray; calcio (Ca) y potasio (K) asimilables por el método del acetato amónico; la capacidad de intercambio catiónico (CIC) mediante el acetato amónico y absorción atómica, así como la estimación granulométrica del contenido en arcilla, limo, arena fina y gruesa, por sedimentación según el método de la Pipeta de Robinson (1922). Las muestras se tomaron al inicio del ensayo, y cada año antes de fertilizar (febrero). En 1998 no se aplicaron los tratamientos del ensayo, pero en febrero de 1999 se tomaron muestras de suelos para estudiar el efecto residual.

### *Contenido de humedad del suelo*

Se estimó la capacidad de retención de agua entre los dos puntos considerados fundamentales: capacidad de campo (CC) y punto de marchitez (PM). Para ello se obtuvieron en el laboratorio curvas de pF (logaritmo de la altura de la columna, expresada en centímetros, necesaria para obtener cada punto de la curva), en muestras de cada perfil de suelo, siguiendo el método ya clásico de la Cámara de Presión de Richard (1949).

Para conocer la evolución del contenido de humedad en el perfil del suelo a lo largo del periodo de vegetación, se diseñó un dispositivo de medida en los tratamientos del ensayo. La medida se realizó con una sonda de neutrones (Campbell Pacific Nuclear Modelo 501a), introduciéndose cada mes la sonda en los correspondientes tubos de acero instalados en cada tratamiento, o cada 15 días en los periodos de mayor consumo hídrico por la vegetación. Se midió la humedad del suelo en 4 profundidades (5, 20, 40 y 60 cm). Los resultados se expresaron en % (relación volumétrica), empleando la densidad aparente del suelo previamente determinada.

Para la interpretación de los resultados se obtuvo el valor medio de las profundidades 20 y 40 cm, por ser éstas donde se desarrolla el mayor porcentaje de raíces del pasto y avena.

## Composición florística y evolución de la vegetación

Se elaboró un catálogo florístico de las parcelas estudiadas, a través de las herborizaciones y observaciones realizadas durante el periodo comprendido entre mayo de 1994 y junio de 1998, requisito básico para efectuar el posterior análisis de la vegetación. En la nomenclatura seguimos a Castroviejo *et al.* (1986-1999) y Tutin *et al.* (1964-1980).

La toma de datos de la vegetación se llevó a cabo empleando el método fitosociológico utilizado por Braun-Blanquet (1979), Géhu y Rivas Martínez (1980) y Rivas Martínez (1987). Para la caracterización de las unidades superiores de vegetación (clases) se tuvo también en cuenta a Mucina (1997).

Los inventarios tomados en enclaves homogéneos dentro de cada parcela llevaron los dos índices clásicos (abundancia-dominancia y sociabilidad), aunque en nuestro caso para obtener una estimación global (cantidad de las especies) tuvimos únicamente en cuenta abundancia-grado de cobertura, renunciando a considerar la densidad/sociabilidad y utilizando la escala convencional propuesta por Braun-Blanquet (1979).

Tras una serie de aproximaciones y ajustes, se consideró un área mínima óptima de 4 m<sup>2</sup> en cada repetición de los diferentes tratamientos ensayados. De esta forma se levantaron un total de 135 inventarios en las parcelas sobre pizarras y otros 135 más en las parcelas sobre granitos.

Durante 1998, a pesar de no continuar con los tratamientos, fertilización, laboreo y siembra de forrajes, se tomaron datos para ver el efecto residual de los mismos.

Mediante análisis de varianza se estimó la influencia de los tratamientos ensayados (fertilización, laboreo y siembra de forrajes), el efecto residual y las variables climáticas (precipitación y temperatura), sobre las propiedades estudiadas (suelo y vegetación).

Se estudió la significación de las diferencias entre tratamientos y entre años de los parámetros antes mencionados a través de la t de Student. Los cálculos fueron efectuados mediante el programa estadístico Statgraphics plus 2.0 para Windows (1995).

## Resultados y Discusión

### Condiciones climáticas

En la Tabla 1 se muestran los valores medios de precipitación y temperatura (media y mínima), por estaciones en cada año y en cada campo de ensayo. También se midieron los valores medios de los últimos 21 años.

Se puede comprobar que las precipitaciones de invierno en la zona de pizarras en el año 1997 fueron casi cinco veces inferiores a las de 1996, distribución muy irregular como corresponde a un clima muy variable (Garmendia, 1965). La prolongación de las bajas temperaturas en primavera dió lugar a grandes diferencias de temperatura entre máximas y mínimas diarias (más de 25° C), con vientos de noreste (cierzo) que dieron lugar a heladas tardías que, con la escasa precipitación, limitaron la producción de materia seca. Por lo tanto, la mejor utilización del agua de lluvia

sería un factor importante para incrementar la producción de materia seca en estos sistemas.

Los valores medios de precipitación y temperatura correspondientes al período de ensayo difirieron significativamente ( $P < 0,05$ ) de la media de los últimos 21 años. Las temperaturas de invierno y primavera fueron superiores en 5 y 1°C, respectivamente; las temperaturas en verano no difirieron ( $P > 0,05$ ) de la media, y los otoños fueron más frescos (temperaturas inferiores en 4°C).

### Evolución del suelo

#### *Estudio químico y granulométrico*

Los resultados de la Tabla 2 son valores medios de 4 años del contenido de MO, Ca, P, K asimilables y de arcilla, en los diferentes tratamientos ensayados. Se completa la información con los valores medios del

**Tabla 1.** Condiciones climáticas: precipitación (mm) y temperatura media y mínima (°C), por estaciones

|                 |           | Precipitaciones |       |       |       |       | Temperaturas |      |      |       |
|-----------------|-----------|-----------------|-------|-------|-------|-------|--------------|------|------|-------|
|                 |           | Pi              | Pp    | Pv    | Po    | Pt    | Ti           | Tp   | Tv   | To    |
| 1994            | Pizarras  | 119,0           | 197,8 | 5,8   | 121,8 | 444,4 | 6,1*         | 12,6 | 20,4 | 7,6   |
|                 |           |                 |       |       |       |       | 0,2**        | 6,2  | 11,4 | 5,3   |
|                 | Granitos  | 104,4           | 159,4 | 12,8  | 138,6 | 415,2 | 5,1          | 12,5 | 19,2 | 7,0   |
|                 |           |                 |       |       |       |       | 0,3          | 6,4  | 11,0 | 5,0   |
| 1995            | Pizarras  | 114,4           | 124,4 | 43,4  | 154,7 | 436,9 | 8,4          | 15,2 | 20,3 | 9,5   |
|                 |           |                 |       |       |       |       | 1,1          | 7,4  | 12,4 | 4,9   |
|                 | Granitos  | 141,4           | 117,4 | 43,2  | 280,6 | 582,6 | 6,3          | 14,7 | 19,6 | 9,8   |
|                 |           |                 |       |       |       |       | 1,4          | 7,1  | 13,0 | 4,4   |
| 1996            | Pizarras  | 207,0           | 140,2 | 53,6  | 168,4 | 569,2 | 7,3          | 14,4 | 19,4 | 8,8   |
|                 |           |                 |       |       |       |       | 2,2          | 7,5  | 13,0 | 4,8   |
|                 | Granitos  | 218,8           | 210,4 | 50,2  | 178,6 | 658,0 | 8,5          | 14,4 | 20,3 | 7,9   |
|                 |           |                 |       |       |       |       | 2,0          | 7,0  | 11,5 | 4,6   |
| 1997            | Pizarras  | 47,9            | 126,2 | 76,2  | 336,4 | 541,5 | 7,1          | 13,3 | 20,7 | 9,2   |
|                 |           |                 |       |       |       |       | 0,6          | 8,0  | 13,6 | 5,3   |
|                 | Granitos  | 60,2            | 220,8 | 131,0 | 366,4 | 778,4 | 7,6          | 13,8 | 20,2 | 9,2   |
|                 |           |                 |       |       |       |       | 0,3          | 7,8  | 13,0 | 5,0   |
| 1998            | Pizarras+ | 45              | 134,6 | 133,8 | 87    | 400,3 | 7,9          | 13,8 | 21,8 | 8,0   |
|                 |           |                 |       |       |       |       | 7,1          | 7,1  | 13,0 | 3,1   |
| Últimos 21 años |           | 113,5           | 141,1 | 59,8  | 155,7 | 484,5 | 5,2          | 7,7  | 19,2 | 12,3  |
|                 |           |                 |       |       |       |       | -0,54        | 2,4  | 10,7 | -0,54 |

i, p, v, o: invierno, primavera, verano y otoño; t: total; +: sólo se han tomado datos en pizarras en 1998; \* Temperatura media; \*\* Temperatura media de las mínimas.

**Tabla 2.** Análisis químico y granulométrico del suelo; valores medios y desviación estándar de cuatro años (1994-1997)

| PIZARRAS         |                                     |                 |                     |                            |                          |                    |                     |       |         |     |
|------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------|---------------------|-------|---------|-----|
| Tratamiento      | MO                                  |                 | Ca                  |                            | P                        |                    | K                   |       | Arcilla |     |
|                  | %                                   | De              | mg kg <sup>-1</sup> | De                         | mg kg <sup>-1</sup>      | De                 | mg kg <sup>-1</sup> | De    | %       | De  |
| E                | 2,3                                 | 0,2             | 657,5               | 117,9                      | 11,9                     | 1,3                | 345,0               | 147,9 | 16,4    | 1,0 |
| F                | 2,5                                 | 0,3             | 910,0               | 179,3                      | 19,8                     | 5,2                | 289,8               | 123,8 | 16,8    | 2,1 |
| L                | 2,2                                 | 0,4             | 1022,5              | 121,2                      | 21,2                     | 5,6                | 240,8               | 111,4 | 16,4    | 2,2 |
| A                | 1,6                                 | 0,3             | 1115,0              | 80,6                       | 10,3                     | 2,2                | 237,3               | 107,8 | 18,7    | 2,0 |
| R1               | 1,2                                 | 0,2             | 1070,0              | 269,6                      | 10,6                     | 1,7                | 290,0               | 77,9  | 16,5    | 3,1 |
| R1F1             | 1,3                                 | 0,3             | 1190,0              | 259,4                      | 11,2                     | 2,8                | 276,7               | 55,8  | 18,4    | 4,8 |
| R2               | 1,8                                 |                 | 1035,0              |                            | 7,7                      |                    | 240,0               |       | 17,2    |     |
| R2F1             | 1,7                                 |                 | 1273,5              |                            | 11,6                     |                    | 262,5               |       | 17,0    |     |
| R2F2             | 2,0                                 |                 | 1395,0              |                            | 11,7                     |                    | 277,5               |       | 22,6    |     |
| R3               | 2,1                                 |                 | 1120,0              |                            | 10,5                     |                    | 170,0               |       | 20,3    |     |
| R3F1             | 1,9                                 |                 | 1130,0              |                            | 10,5                     |                    | 135,0               |       | 21,9    |     |
| R3F2             | 1,9                                 |                 | 1190,0              |                            | 9,2                      |                    | 137,0               |       | 20,0    |     |
| R3F3             | 1,8                                 |                 | 1190,0              |                            | 10,6                     |                    | 205,0               |       | 20,7    |     |
|                  | <b>pH</b><br>(H <sub>2</sub> O-KCl) | <b>C</b><br>(%) | <b>N</b><br>(%)     | <b>Arena gruesa</b><br>(%) | <b>Arena fina</b><br>(%) | <b>Limo</b><br>(%) | <b>CIC</b>          |       |         |     |
| E (media 4 años) | 5,2-4,2                             | 1,33            | 0,114               | 20,8                       | 48,4                     | 11,2               | 7,8                 |       |         |     |
| GRANITOS         |                                     |                 |                     |                            |                          |                    |                     |       |         |     |
| Tratamiento      | MO                                  |                 | Ca                  |                            | P                        |                    | K                   |       | Arcilla |     |
|                  | %                                   | De              | mg kg <sup>-1</sup> | De                         | mg kg <sup>-1</sup>      | De                 | mg kg <sup>-1</sup> | De    | %       | De  |
| E                | 0,7                                 | 0,1             | 139,4               | 163,8                      | 41,4                     | 4,6                | 167,8               | 51,4  | 6,8     | 0,3 |
| F                | 0,7                                 | 0,2             | 132,3               | 124,9                      | 52,8                     | 8,9                | 149,8               | 47,9  | 7,5     | 1,3 |
| L                | 0,6                                 | 1,2             | 140,3               | 83,7                       | 51,2                     | 17,2               | 164,0               | 125,7 | 7,8     | 1,5 |
| A                | 0,7                                 | 0,2             | 115,4               | 102,4                      | 54,2                     | 14,6               | 241,3               | 120,1 | 8,2     | 0,5 |
| R1               | 0,6                                 | 0,1             | 181,6               | 205,0                      | 50,7                     | 15,4               | 122,3               | 39,5  | 8,0     | 1,1 |
| R1F1             | 0,7                                 | 0,1             | 137,8               | 47,3                       | 59,7                     | 15,1               | 154,3               | 57,5  | 7,8     | 1,1 |
| R2               | 0,6                                 |                 | 400,0               |                            | 57,1                     |                    | 137,0               |       | 8,4     |     |
| R2F1             | 0,7                                 |                 | 435,0               |                            | 50,7                     |                    | 129,5               |       | 7,3     |     |
| R2F2             | 0,8                                 |                 | 495,0               |                            | 67,7                     |                    | 137,0               |       | 9,7     |     |
| R3               | 0,7                                 |                 | 330,0               |                            | 45,0                     |                    | 92,0                |       | 9,8     |     |
| R3F1             | 0,7                                 |                 | 740,0               |                            | 47,9                     |                    | 82,0                |       | 9,3     |     |
| R3F2             | 0,7                                 |                 | 350,0               |                            | 40,7                     |                    | 61,0                |       | 9,2     |     |
| R3F3             | 0,7                                 |                 | 860,0               |                            | 47,6                     |                    | 96,0                |       | 9,1     |     |
|                  | <b>pH</b><br>(H <sub>2</sub> O-KCl) | <b>C</b><br>(%) | <b>N</b><br>(%)     | <b>Arena gruesa</b><br>(%) | <b>Arena fina</b><br>(%) | <b>Limo</b><br>(%) | <b>CIC</b>          |       |         |     |
| E (media 4 años) | 5,1-3,9                             | 0,41            | 0,041               | 57,8                       | 25,4                     | 8,6                | 3,3                 |       |         |     |

Los tratamientos fueron definidos en Materiales y Métodos. CIC: capacidad de cambio (meq 100 g<sup>-1</sup>). De: desviación estándar.

testigo (E), de pH, C, N, arena fina, gruesa, limo y capacidad de intercambio catiónico (CIC). No hubo diferencias significativas ( $P>0,05$ ) durante el periodo de ensayo en pH, arena fina y gruesa en los distintos tratamientos. En los rastrojos R1, R2 y R3 el contenido

de limo se incrementó en más del 8%, y la arcilla entre el 10 y 20%, respecto al testigo en ambos suelos (Tabla 2), consecuencia probable del volteo del suelo en la preparación del barbecho para la siembra de avena. En F y L no hubo variación ( $P>0,05$ ) respecto a E.

### Suelo de pizarras

La MO disminuye ( $P < 0,05$ ) sistemáticamente en todos los tratamientos con el laboreo profundo, así la pérdida media en A con respecto a E es del 32%; la de R1, R2, R3 es del 40, 18 y 16%.

El contenido de Ca asimilable se incrementa significativamente ( $P < 0,01$ ) respecto al testigo, en F, L y A, en porcentajes medios de 39, 58 y 74, respectivamente, en los rastrojos R1, R2, y R3, en 50, 41 y 80%, respectivamente. Cuando los rastrojos se fertilizan un año (R1F1, R2F1 y R3F1), los incrementos del contenido de Ca fueron de 68, 70 y 82%; en el caso de dos años (R2F2 y R3F2), el 86 y 76%, respectivamente; en el caso de tres años (R3F3) el incremento fue del 92%.

Hay varias razones que podrían explicar estos resultados. Por un lado, la propia fertilización fosfórica que cada año aporta 70 kg de CaO (250 kg de superfosfato, con un 28% en CaO como soporte). Por otro, es posible que el volteo del suelo por la labor de vertedera suba el Ca de capas más profundas, al incrementarse el contenido de limo y arcilla en la capa arable (Prat y Martín Polo, 1982); de R1 a R3 tiende a incrementarse el contenido en Ca. Por lo tanto ambos, laboreo y fertilización, incrementan el contenido de Ca en la capa arable (20-25 cm).

El contenido medio de P soluble en pastos (E) fue de 11,9 mg kg<sup>-1</sup>. Con la fertilización fosfórica (45 kg ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) se incrementó en (F) y (L) un valor medio de 8,6 mg kg<sup>-1</sup>. En los rastrojos el contenido medio fue de 9,6 mg kg<sup>-1</sup>, contenido inferior al testigo, posiblemente por el menor contenido en MO de estos tratamientos, ya que según Zamuner y Culot (1999) la capacidad del suelo para suministrar P radica fundamentalmente en el contenido en MO.

El contenido de K disminuyó de forma significativa ( $P < 0,05$ ) en todos los tratamientos respecto al testigo. Es posible que los incrementos de producción que se consiguen ( $P < 0,01$ ) con la fertilización, el laboreo y la siembra de avena, originen una mayor extracción de K del suelo que dichos suelos no pueden reponer, siendo recomendable fertilizar con potasio cuando se pretenda incrementar la producción; Coelho Filho y Quadros (1994) consideraron que las pérdidas de K pueden ser recicladas si los animales hacen un aprovechamiento directo del pasto.

### Suelo de granitos

El contenido en MO fue muy bajo (0,66%), lo que corresponde a un suelo muy pobre en MO. No se ob-

servó respuesta al laboreo y otros tratamientos, probablemente por sus bajos contenidos.

El Ca no tuvo respuesta definida a la fertilización y disminuyó con el laboreo respecto al testigo. Este suelo, al tener una capacidad de cambio (CIC) muy baja (3,3 meq 100 g<sup>-1</sup>), no es capaz de retener el Ca en la capa arable, como lo pudo hacer el suelo de pizarras con CIC de 7,8 meq 100 g<sup>-1</sup>.

Los pastos presentaron un contenido alto en fósforo (41,4 mg kg<sup>-1</sup>), que se incrementó al fertilizar (F y L) en 11,4 y 9,8 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente. En los rastrojos el contenido medio fue superior al testigo, probablemente por el efecto residual de la fertilización de la avena y la destrucción de la MO con el laboreo. Cuando estos rastrojos se fertilizaron, el P se incrementó hasta 10,7 mg kg<sup>-1</sup> en R2F2. Caley y Kearney (1999), fertilizando anualmente con 26 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, consiguen mantener un contenido de 6 mg kg<sup>-1</sup> de P en suelos de pasto (derivados de basalto), con una vegetación de trébol subterráneo y *ray-grass* perenne, aprovechados con ovejas. Barrantes *et al.* (1992) recomiendan 32 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para incrementar el contenido de P de 10 a 15 mg kg<sup>-1</sup> en suelos franco arenosos, resultado próximo al de nuestro ensayo.

El comportamiento del K frente a los tratamientos ensayados no disminuyó de forma significativa ( $P > 0,05$ ), como ocurrió en el suelo de pizarras.

Para ampliar información, aunque en 1998 no se aplicó ningún tratamiento, se efectuó un control del suelo en febrero de 1999. En el suelo de pizarras, el rastrojo de avena de cuatro años (R4) presentó contenidos de: 2,03 % en MO, 800 mg kg<sup>-1</sup> de Ca, 6,4 mg kg<sup>-1</sup> de P, 151,0 mg kg<sup>-1</sup> de K, frente a 2,52, 500, 12,6 y 191, respectivamente, para el tratamiento testigo (E). Los contenidos de P, K, y la MO aún no se habían recuperado (la MO fue el 20% inferior al testigo); el Ca continuó con valores superiores. Esto confirma lo publicado por Granda y Prieto (1991), que afirman que el contenido de MO después de una siembra de cereal no se recupera hasta el quinto año.

En cuanto al suelo de granitos, el tratamiento R4 presentó contenidos de 0,56 % en MO, 200,3 mg kg<sup>-1</sup> de Ca, 32,7 mg kg<sup>-1</sup> de P, y 58,2 mg kg<sup>-1</sup> de K, frente a contenidos en E de 0,52%, 210, 30,1 y 65,0, mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente, no habiendo diferencias significativas ( $P > 0,05$ ).

### Contenido de humedad del suelo

Tanto en suelos de granitos como de pizarras, la humedad del suelo en E alcanzó un máximo en invierno

(Tabla 3) con valores medios de 20,57 y 21,67%, respectivamente, superiores ( $P<0,05$ ) al resto del año, como corresponde a un período con temperaturas más bajas y menor evaporación, que soporta escasa masa forrajera y donde el agua de lluvia persiste mayor tiempo en el suelo.

El contenido de humedad en primavera disminuyó ( $P<0,05$ ) respecto al contenido de invierno, con unos valores medios de 14,98 y 14,65%, donde los valores más bajos correspondieron a los años de mayor producción forrajera. Las temperaturas más altas y la masa forrajera que soportaron (hasta 7 veces superiores a las de invierno) fueron elementos suficientes para justificar estas pérdidas. Continuaron las pérdidas de

humedad en verano ( $P<0,05$ ), con valores medios de 10,25 y 10,30 en pizarras y granitos, debido a que las temperaturas más altas y la falta de precipitaciones aceleraron el proceso de desecación. La humedad se recuperó a partir del otoño, con valores medios de 12,5 y 15,1%, respectivamente.

Hubo diferencias en el contenido de humedad de suelo ( $P<0,05$ ) entre años, pero no entre tratamientos ( $P>0,05$ ), y no se encontró correlación ( $P>0,05$ ) entre contenido de humedad, precipitaciones, y temperatura.

El tratamiento de avena, en los años 1994 y 1996 en pizarras y 1995 y 1997 en granitos, produjo contenidos de humedad inferiores al testigo. Al analizar los resultados por estaciones tampoco se observaron di-

**Tabla 3.** Valores medios y desviación estándar de 4 años (1994-1997) del contenido de humedad del suelo por estaciones climáticas, en % (referido a volumen de suelo)

| PIZARRAS    |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tratamiento | Hp    | De    | Hv    | De    | Ho    | De    | Hi    | De    |
| E           | 14,98 | 1,206 | 10,25 | 2,734 | 12,55 | 4,224 | 20,57 | 1,401 |
| F           | 13,50 | 2,357 | 8,78  | 2,089 | 11,05 | 3,704 | 18,7  | 3,051 |
| L           | 15,88 | 1,477 | 11,8  | 4,093 | 13,88 | 4,518 | 22,83 | 0,493 |
| A           | 14,65 | 1,085 | 11,83 | 4,655 | 13,73 | 6,239 | 21,5  | 2,536 |
| R1          | 17,80 |       | 13,15 |       | 15,65 |       | 22,5  |       |
| R1F1        | 13,63 |       | 10,7  |       | 14,23 |       | 20,63 |       |
| R2          | 15,85 |       | 9,65  |       | 14,9  |       | 23,25 |       |
| R2F1        | 14,20 |       | 10,15 |       | 15,4  |       | 20,55 |       |
| R2F2        | 13,90 |       | 6,4   |       | 12,5  |       | 22,9  |       |
| R3          | 18,40 |       | 17,5  |       | 21,2  |       | 28,5  |       |
| R3F1        |       |       |       |       |       |       |       |       |
| R3F2        | 15,50 |       | 13,4  |       | 14    |       | 24,6  |       |
| R3F3        | 12,90 |       | 12,9  |       | 16,6  |       | 22,9  |       |

  

| GRANITOS    |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tratamiento | Hp    | De    | Hv    | De    | Ho    | De    | Hi    | De    |
| E           | 14,65 | 2,908 | 10,3  | 3,203 | 15,08 | 1,365 | 21,67 | 1,021 |
| F           | 14,03 | 2,510 | 9,45  | 1,737 | 14,13 | 2,935 | 23,47 | 2,053 |
| L           | 16,45 | 4,138 | 11,03 | 4,056 | 14,73 | 1,204 | 23,17 | 1,185 |
| A           | 14,90 | 6,505 | 9,93  | 1,147 | 14,23 | 2,172 | 20,77 | 1,528 |
| R1          | 3,00  |       | 0,97  |       | 4,33  |       | 6,97  |       |
| R1F1        | 12,80 |       | 7,8   |       | 14,4  |       | 21,6  |       |
| R2          | 14,85 |       | 8,05  |       | 13,7  |       | 19,7  |       |
| R2F1        | 14,60 |       | 8,25  |       | 14,75 |       | 23,15 |       |
| R2F2        | 15,80 |       | 9,55  |       | 15,65 |       | 24,05 |       |
| R3          | 15,10 |       | 12,5  |       | 16,3  |       | 24,2  |       |
| R3F1        |       |       |       |       |       |       |       |       |
| R3F2        | 15,60 |       | 11,1  |       | 14,8  |       | 22,6  |       |
| R3F3        | 16,10 |       | 12,5  |       | 16,5  |       | 24,7  |       |

Hp, Hv, Ho y Hi: humedad media de primavera, verano, otoño e invierno. De: desviación estándar. Los tratamientos fueron definidos en Materiales y Métodos.

ferencias entre los tratamientos ( $P>0,05$ ). Blanco de Pablos (1973) encontró una ganancia en la reserva de agua en el suelo de 68 mm al comparar suelos en barbecho con suelos cultivados con trigo al final del ciclo. Según O'Leary y Connor (1998), la mayor cantidad de agua almacenada por el barbecho incrementó la producción de materia seca. Dear *et al.* (1998) comprobaron que la mayor extracción de agua del suelo se realizó por la mayor biomasa de la cosecha, así por ejemplo tres gramíneas (*Phalaris acuatica*, *Dactylis glomerata* y *Danthonia richardsonii*) secaron el suelo más rápidamente que *Trifolium subterraneum*, teniendo éste una menor biomasa verde. Pelegrin *et al.* (1996) consideraron que las condiciones más favorables de penetración de las raíces de las plantas las crea en primer lugar el arado de vertedera, después el de disco y finalmente el no laboreo.

La información anterior puede justificar la uniformidad del contenido de humedad entre los tratamientos. Si bien la labor de vertedera y el barbecho favorecen la acumulación de agua en la avena y rastrojos, la mayor masa forrajera de estos tratamientos necesitaría más agua, igualando así los contenidos de humedad.

Se estimó la retención de agua en el punto de marchitez (PM) y la capacidad de campo (CC), con los siguientes resultados medios: 12,4 y 34,6% respectivamente en el suelo de pizarras, y 4,8 y 16,4 en granitos.

Según estos valores, el suelo de pizarras tiene mayor capacidad de retención de agua que el de granitos, aplicable por su mayor contenido en arcilla y MO (Tabla 2). Sin embargo los contenidos de agua en el suelo de granitos fueron mayores, probablemente porque éstos tienen que soportar menor masa forrajera.

## Vegetación

### Cobertura

La cobertura en el testigo (E) tuvo valores medios de  $97\pm 4,2$  y  $75\pm 2,5\%$  en los suelos de pizarras y granitos, respectivamente (Tablas 4a y 4b). Las diferencias entre ambos suelos fueron significativas ( $P<0,05$ ), probablemente porque el suelo de granito, arenoso y pobre en nutrientes, no permite una densidad mayor de plantas.

Estos valores se mantuvieron en F, pero disminuyeron ( $P<0,01$ ) en el primer año en L ( $50,0\pm 2,5$  y  $58,3\pm 3,1\%$ ), así como en R1 ( $69,2\pm 3,8$  y  $64,0\pm 8,4\%$ ), en pizarras y granitos, respectivamente. En años sucesivos, con los tratamientos R2 y R3, la cobertura se recuperó, así como también en L a partir del segundo año. Es sabido que la roturación del suelo provoca un deterioro de la estructura y alteraciones en el funcionamiento de las comunidades vegetales. Para Ansin *et*

**Tabla 4a.** Porcentaje de cobertura (Co), Gramíneas (G), Leguminosas (Le) y Compuestas (C), en función de los tratamientos, a lo largo de cinco años en suelos de pizarras

| Trat. | 1994 |      |     |    | 1995 |      |      |      | 1996 |      |      |      | 1997 |      |      |      | 1998 |      |      |      |
|-------|------|------|-----|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       | Co   | G    | Le  | C  | Co   | G    | Le   | C    | Co   | G    | Le   | C    | Co   | G    | Le   | C    | Co   | G    | Le   | C    |
| E     | 95   | 42   | 4,5 | 30 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | 96,6 | 33   | 25   | 21,3 | 98,3 | 39,3 | 10   | 27,5 | 100  | 32,8 | 22,4 | 18,1 |
| F     | 88,3 | 41,3 | 11  | 32 | 93,3 | 33,8 | 40,5 | 14   | 98,3 | 29   | 35,7 | 21,3 | 96,6 | 55   | 10,5 | 19,2 | 100  | 24,1 | 49,8 | 13,4 |
| L     | 50   | 45   | 4,5 | 30 | 98,3 | 27,2 | 46,2 | 18,5 | 100  | 34,4 | 14   | 17   | 90   | 59,4 | 11,9 | 20,5 | 100  | 26,3 | 55,2 | 8,7  |
| R1    |      |      |     |    | 71   | 23,3 | 18,7 | 25,8 | 69,1 | 54   | 9    | 9,5  | 61,6 | 44,9 | 5,1  | 18   | 75   | 29   | 30,9 | 28,2 |
| R1F1  |      |      |     |    | 66,6 | 23,6 | 17,2 | 29,6 | 71,6 | 56,7 | 6,6  | 6,8  | 65   | 52,4 | 3,1  | 24   |      |      |      |      |
| R2    |      |      |     |    |      |      |      |      | 97,5 | 32,6 | 26,8 | 17,2 | 90   | 42,5 | 3,6  | 39,8 | 91,6 | 24,1 | 32,7 | 23,6 |
| R2F1  |      |      |     |    |      |      |      |      | 100  | 24,7 | 34,5 | 16,3 | 88,3 | 24,7 | 2,4  | 43,7 | 96,6 | 19,7 | 35,6 | 25,5 |
| R2F2  |      |      |     |    |      |      |      |      | 100  | 26,5 | 34,7 | 12,3 | 85   | 17,6 | 3,9  | 44,3 |      |      |      |      |
| R3    |      |      |     |    |      |      |      |      |      |      |      |      | 85   | 38,6 | 8    | 26,6 | 91,6 | 24,7 | 47   | 14,7 |
| R3F1  |      |      |     |    |      |      |      |      |      |      |      |      | 90   | 21,4 | 10,3 | 38,3 | 96,6 | 14,3 | 36,6 | 20,2 |
| R3F2  |      |      |     |    |      |      |      |      |      |      |      |      | 93,3 | 31,3 | 23,2 | 25,9 | 91,6 | 18   | 45,5 | 16   |
| R3F3  |      |      |     |    |      |      |      |      |      |      |      |      | 90   | 48,8 | 4,8  | 23,6 |      |      |      |      |
| R4    |      |      |     |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 98,3 | 26,4 | 39,6 | 10,7 |
| R4F1  |      |      |     |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 100  | 16,2 | 51,9 | 11,7 |
| R4F2  |      |      |     |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 100  | 14   | 63,2 | 8    |
| R4F3  |      |      |     |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 100  | 22,4 | 52,4 | 5,4  |

s.d.: sin datos.



**Tabla 4b.** Porcentaje de cobertura (Co), Gramíneas (G), Leguminosas (Le) y Compuestas (C), en función de los tratamientos, a lo largo de cinco años en suelo de granitos

| Trat. | 1994 |      |     |      | 1995 |      |      |      | 1996 |      |      |      | 1997 |      |      |      | 1998 |      |      |      |
|-------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       | Co   | G    | Le  | C    | Co   | G    | Le   | C    | Co   | G    | Le   | C    | Co   | G    | Le   | C    | Co   | G    | Le   | C    |
| E     | 70   | 34,3 | 3,5 | 33,3 | s.d. | s.d. | s.d. | s.d. | 76,6 | 31,9 | 3,1  | 19,8 | 78,3 | 32   | 21,1 | 6,9  | 75   | 21,8 | 23,4 | 12,3 |
| F     | 60   | 12,4 | 16  | 36   | 70   | 5,4  | 26   | 44   | 71,6 | 24,4 | 8,4  | 38   | 83,3 | 16,9 | 35,6 | 12,8 | 90   | 17,1 | 50,5 | 8,2  |
| L     | 58,3 | 31   | 14  | 29,3 | 78,3 | 17,3 | 35,4 | 31,8 | 80   | 16,6 | 2,9  | 22   | 81,6 | 43,9 | 27,9 | 11,4 | 86,6 | 35,2 | 39,8 | 14   |
| R1    |      |      |     |      | 62,7 | 11   | 24   | 55,5 | 50   | 25,7 | 9,5  | 24,8 | 61,6 | 44   | 14,4 | 29,3 | 81,6 | 27,9 | 26,1 | 30,5 |
| R1F1  |      |      |     |      | 65   | 14   | 26,6 | 52,3 | 53,3 | 33,2 | 14,7 | 24,1 | 66,6 | 50,8 | 8    | 31,9 |      |      |      |      |
| R2    |      |      |     |      |      |      |      |      | 75   | 24,1 | 8    | 22,7 | 68,3 | 27,1 | 10,2 | 31,2 | 83,3 | 33,4 | 19,2 | 30,2 |
| R2F1  |      |      |     |      |      |      |      |      | 73,3 | 25,4 | 10,5 | 23,4 | 81,6 | 33,9 | 24,4 | 22   | 86,6 | 25,5 | 36,3 | 17,1 |
| R2F2  |      |      |     |      |      |      |      |      | 71,6 | 22,6 | 14   | 31,2 | 76,6 | 27,4 | 19,6 | 23,6 |      |      |      |      |
| R3    |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 78,3 | 35,4 | 26,6 | 5    | 86,6 | 24,9 | 23,6 | 21,5 |
| R3F1  |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 81,6 | 38,3 | 41,9 | 9,7  | 90   | 13   | 58,2 | 22,7 |
| R3F2  |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 75   | 23,8 | 27,8 | 15,1 | 98,3 | 18,5 | 50   | 16,2 |
| R3F3  |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 75   | 28,4 | 31,6 | 10,9 |      |      |      |      |
| R4    |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 76,6 | 30,6 | 21,3 | 19,8 |
| R4F1  |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 83,3 | 23,6 | 38,5 | 17,9 |
| R4F2  |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 86,6 | 28,8 | 41,3 | 12,3 |
| R4F3  |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 80   | 24,8 | 39,3 | 16,9 |

s.d.: sin datos.

al. (2000), los tratamientos roturados disminuyen la cobertura vegetal, el número de especies y la diversidad específica, aunque la cobertura y la biomasa del pastizal se recuperan al cabo de ocho meses. Granda y Prieto (1991) contemplaron una destrucción de la flora pascícola en parcelas cultivadas que hasta el quinto año no empezó a recuperarse, y solo con cargas ganaderas bajas.

La precipitación y la fertilización incrementan la cobertura. Las precipitaciones más abundantes de otoño del año anterior (controles de primavera), facilitarían la germinación de mayor número de semillas. Estas precipitaciones se incrementaron a través del ensayo excepto en el otoño de 1996 en la parcela de granitos. Considerando la fase inicial y final del ensayo, todos los tratamientos presentaron un incremento de la cobertura ( $P>0,05$ ), posiblemente por estar sometidos a menor presión de pastoreo durante el período del ensayo, solo aprovechamientos puntuales con ovejas en primavera y otoño, mientras que el manejo habitual era de pastoreo continuo con ovejas y vacas.

#### Composición florística, cambios y período de recuperación

La composición florística y el análisis de la vegetación puso de manifiesto la distinta naturaleza de los

pastos, atribuible a los diferentes tipos de sustratos, pizarras y granitos.

En el conjunto de ambas parcelas se identificaron un total de 151 táxones, distribuidos en 29 familias, de las que Gramíneas (34 táxones), Compuestas (28), Leguminosas (24) y Caryophyllaceas (13) fueron las más representadas.

En el suelo formado a partir de pizarras, caracterizado por mayor contenido en nutrientes, domina un pasto de vallicares ricos en terófitos, pertenecientes al orden *Agrostietalia castellanae*, de la clase *Molinio-Arrhenatheretea* y algunas perennes (\*): *Agrostis castellana*\*, *Anthemis arvensis*, *Anthoxanthum aristatum*, *Anthyllis cornicina*, *A. lotoides*, *Bromus hordeaceus*, *Chamaemelum nobile*\*, *Crepis vesicaria* subsp. *haenseleri*\*, *Eryngium campestre*, *Hypochaeris glabra*, *Leontodon longirostris*, *Lolium rigidum*, *Molineriella laevis*, *Ornithopus compressus*, *Plantago lanceolata*\*, *Rumex angiocarpus*\*, *Silene gallica*, *Tolpis barbata*, *Trifolium campestre*, *Trifolium glomeratum*, *Trifolium striatum*, *Vulpia ciliata*, *Vulpia myuros* subsp. *sciuroides* y *Xolantha guttata*. No frecuente, pero de gran valor diagnóstico fue *Arrhenatherum elatius* subsp. *bulbosum*. Leguminosas frecuentes fueron: *Anthyllis lotoides*, *Anthyllis cornicina*, *Ornithopus compressus*, *Trifolium campestre* y el par *Trifolium glomeratum*-*T. striatum*.

En el suelo esquelético o arenoso, pobre en nutrientes, procedente de granitos, se identificaron: *An-*

*themis arvensis*, *Anthyllis lotoides*, *Bromus hordeaceus*, *Chamaemelum mixtum*, *Corrigiola telephifolia*\*, *Crepis capillaris*, *Evax carpetana*, *Holcus setiglumis*, *Hypochaeris glabra*, *Jasione montana*, *Lathyrus angulatus*, *Leucanthemopsis pulverulenta*\*, *Logfia minima*, *Mibora minima*, *Ornithopus compressus*, *Ornithopus perpusillus*, *Poa bulbosa*\*, *Rumex angiocarpus*\*, *Spergularia purpurea*, *Vulpia sciuroides*, *Xolantha guttata*. Otras especies no tan frecuentes, pero de gran valor como bioindicadores son: *Corynephorus canescens*\*, *Chamaemelum nobile*\*, *Agrostis truncatula*\* y *Trisetaria ovata*.

Hubo también otro pastizal de terófitos a base de *Xolantha guttata*, *Anthemis arvensis*, *Chamaemelum mixtum*, *Hypochaeris glabra*, *Spergularia purpurea*, *Ornithopus compressus*, *Ornithopus perpusillus* y *Anthyllis lotoides*.

Fitosociológicamente fueron encuadrables en las clases *Koelerio-Corynephoretea* y *Thero-Brachypodietae*, respectivamente.

Finalmente destacamos la abundancia de *Rumex angiocarpus* (*Polygonaceae*) y la presencia de *Anthyllis lotoides*, *Ornithopus compressus*, *O. perpusillus* y *Lathyrus angulatus* como *Leguminosae* más frecuentes. Especialmente notable fue la presencia del par *Ornithopus compressus-O. perpusillus*.

Por la presencia de las familias de Gramíneas (G), Leguminosas (Le) y Compuestas (C) (Tablas 4a y 4b), se deduce que las G son las más abundantes, entre el 32,8 y 40% del total, en el suelo de pizarras y granitos, respectivamente, viéndose incrementadas por el laboreo (L) y rastrojos del primer año (R1); en 1994, 1996 y 1997, presentaron unos valores de hasta 70 y 45%. Este primer año predominan elementos oportunistas con gran capacidad de dispersión, como *Chamaemelum mixtum*, *Anthemis arvensis*, *Vulpia sciuroides*, *Leontodon longirostris*, *Lolium rigidum*, además del omnipresente *Rumex angiocarpus*. Posiblemente, al remover el suelo, hubo una biodisponibilidad de nutrientes que aprovecharían especialmente estos elementos oportunistas. A este respecto, O'Leary y Connor (1998) confirmaron que el laboreo disminuye el nitrógeno mineral del suelo. En los sucesivos rastrojos R2, R3 y R4, la presencia de gramíneas disminuyó ( $P < 0,05$ ). La fertilización fosfórica no tuvo una influencia definida sobre el contenido de gramíneas.

Las leguminosas presentaron un comportamiento muy diferente, encontrándose en menor proporción, de 4,5-25,0 y 3,1-23,4%, en los testigos de pizarras y granitos. Hubo un incremento con la fertilización fos-

fórica ( $P < 0,05$ ) y en algunos casos con el laboreo, el año 1998 en pizarras y el año 1996 en granitos. En general con el tiempo, de R1 a R4, se incrementó el contenido en leguminosas. Tallowing *et al.* (1994) comprobaron que cuatro años después de cesar la fertilización fosfórica, aún existía influencia positiva sobre las especies más ricas (Gramíneas y Leguminosas), y estimaron que tarda en reducirse la acción del fósforo de 10 a 20 años. Granda y Prieto (1991) también observan un incremento de leguminosas con la fertilización fosfórica, mientras que López Carrasco *et al.* (1999) duplicaron el contenido en leguminosas con la fertilización fosfórica (de 15 a 30%).

Las Compuestas se encontraron presentes como media en un 20%, presencia que aumentó en el rebrote, hasta 44 y 56% en pizarras y granitos. Disminuyeron a partir de R1 en ambos suelos, y de R2 en pizarras. La fertilización fosfórica no influyó en esta proporción ( $P > 0,05$ ). Si consideramos la calidad del pasto por la suma de gramíneas y leguminosas, fue mayor en pizarras que en granitos, con unos valores medios de 52 y 43% respectivamente.

La variable año influyó ( $P < 0,01$ ) sobre la composición florística, destacando la rápida recuperación de la vegetación en estos suelos. En los rastrojos o rastrojos fertilizados (R+F) no cambió la estructura y composición florística, aunque en general, como ya se comentó, se produjo un incremento de leguminosas.

Como conclusiones, la fertilización fosfórica incrementa el contenido en P y Ca de la capa arable del suelo (20-25 cm) sin que haya variación de pH. Disminuye el contenido en K posiblemente por el incremento de producción de MS, recomendándose en estos casos fertilizar.

El laboreo superficial de pastos origina pérdidas del contenido de MO que se recupera a partir del tercer año. El laboreo profundo con volteo preparatorio para la siembra de avena origina pérdidas del contenido en MO que no se recupera en el cuarto año (20% menos en pizarras, en granitos valores no definidos); así mismo, incrementa el contenido en limo, arcilla y Ca de la capa arable, disminuye el contenido de P (en pizarras) y K.

En el contenido de humedad del suelo no se encuentran diferencias significativas entre tratamientos y sí entre estaciones, suelos y años.

La cobertura disminuye con el laboreo durante el primer año, se recupera rápidamente a partir del segundo, llegando al final del ensayo con el 100% en pizarras y el 75% en granitos, valores superiores a los iniciales.

Los pastos fertilizados presentan una estructura vegetativa normal, enriqueciéndose en leguminosas; los fertilizados y con laboreo superficial presentan una mezcla de estructuras y enriquecimiento en gramíneas y leguminosas.

En el rastrojo de avena (R) hay una presencia dominante de las compuestas, hasta el 44 y 56 % en el primer año en pizarras y granitos, cuya presencia disminuye hasta el final del ensayo. A partir del tercer año hay buena representación de leguminosas y gramíneas, buena estructura de la vegetación y se pueden reconocer pastizales referibles a unidades sintaxonómicas (*Koelerio-Corynephoretea* y *Molinio-Arrhenatheretea*).

Teniendo en cuenta la evolución del suelo y el de la vegetación, se recomienda la siembra de avena con una periodicidad superior a cuatro años. El periodo de siembra puede disminuir cuando el laboreo sea superficial (cada 2 años), o bien todos los años, si no se altera la superficie del suelo, siembra directa.

## Referencias bibliográficas

- ANSIN O.E., OYHAMBURU E.M., DELGADO CAFFE J.L., 2000. Efectos de la roturación del suelo, durante el agregado de fosfato diamónico, sobre la estructura y el funcionamiento de un pastizal húmedo-alcalino de la pampa deprimida bonaerense (Argentina). *Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.* 15, 1-2.
- BARRANTES S. M. F., FALERO P. B., GONZÁLEZ M. C., GARCÍA J.F., PÉREZ G. M. CUERDA M. J. M., 1992. Interpretación de análisis de suelo, foliar y agua de riego. Consejos de abonado (normas básicas). Coedición Consejería de Agricultura y Comercio-Mundi Prensa. 280 pp.
- BLANCO DE PABLOS A., 1973. Influencia de los factores edafoclimáticos sobre el consumo y economía de agua por los vegetales. Resumen Tesis de Ciencias. Universidad de Salamanca, 43 pp.
- BRAUN-BLANQUET J., 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Blume. Madrid, 820 pp.
- CALEY J.W.D., KEARNEY G.A., 1999. Changes in bicarbonate extractable phosphorus of a basalt derived duplex soil associated with applications of superphosphate to pasture grazed by sheep. *Aust. J. Agric. Res.* 50, 547-554.
- CASTROVIEJO S., LAINZ M., LÓPEZ GONZÁLEZ G., 1986-1999. Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vols. I-VIII. Real Jardín Botánico, C.S.I.C. Madrid.
- COELHO FILHO R.C., QUADROS F.L., 1994. Fertilizer application to native pasture. *Louvora Arrozeira* 47 (416), 16-19.
- DEAR B.S., COOKS P.S., WOLFE E.C., COLLINS D.P., 1998. Established perennial grasses reduce the growth of emerging subterranean clover seedlings through competition for water, light, and nutrients. *Austr. J. Agric. Res.* 49, 41-51.
- GARMENDIA J., 1965. Estudio climatológico de la provincia de Salamanca. Publicaciones de la Diputación Provincial de Salamanca, 230 pp.
- GÉHU J.M., RIVAS MARTÍNEZ S., 1980. Notions fondamentales de Phytosociologie. Ed. J. Cramer. Vaduz, 33 pp.
- GRANDA M., PRIETO P.M., 1991. Efecto de la carga, fertilización fosfórica, introducción de especies y laboreo en pastos naturales semiáridos. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.* 6 (1), 81-92.
- LÓPEZ-CARRASCO F. C., RODRÍGUEZ C. R., ROBLEDÓ G. J. C., 1999. Efecto de la fertilización fosfórica en la transformación a pastizal de un cultivo forrajero en la campana de Oropesa (Toledo). *Actas XXXIX Reunión Científica de la S.E.E.P.* pp 407-412.
- MARTÍN POLO J.L., 1976. Evaluación de la fertilidad del suelo para pastos naturales. *Agronomía Lusitana* 37 (12), 123-150.
- MUCINA L., 1997. Conspectus of classes of European vegetation. *Folia Geobot. Phytotax.* 32, 117-172.
- O'LEARY G.I., CONNOR D.J., 1998. A simulation study of wheat crop response to water supply, nitrogen nutrition, stubble retention and tillage. *Aust. J. Agric. Res.* 49, 11-19.
- PELEGRIN F., MORENO F., MARTÍN A.J., FERNÁNDEZ J.E., 1996. Influencia del sistema de laboreo en la resistencia a la penetración y otras propiedades físicas del suelo. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.* 11 (3), 409-425.
- PRAT P.L., MARTÍN POLO J.L., 1982. Las necesidades de cal de los suelos ácidos de la provincia de Salamanca. I.O.A.T.O. Centro de Edafología y Biología Aplicada y Excma. Diputación Provincial de Salamanca. 66 pp.
- QUINTANA J., PRIETO P.M., 1981. Posibilidades de aprovechamiento forrajero invernal de varios cereales y mezclas, y sus efectos sobre su producción de primavera en Extremadura. *Anales INIA. Serie Agrícola* 17, 31-47.
- RICHARD L.A., 1949. Métodos para medir la tensión de humedad del suelo. *Soil Sci.* 68, 95-112.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., 1987. Nociones sobre Fitosociología, Biogeografía y Bioclimatología. En: La vegetación de España (M. Peinado y S. Rivas-Martínez Ed.). Serv. Publ. Univ. Alcalá de Henares. pp. 17-45.
- ROBINSON G.W., 1922. A new method for the mechanical analysis of soil and other dispersion. *Agric. Sci.* 12, 306-321.
- TALLOWING J.R.B., MOUNTFORD J.O., KIRKHAM F.W., SMITH R.E., LAKHANI K.H., 1994. The effect of inorganic fertilizer on a species rich grassland implications of nature conservation. En: Grassland Federation, 6-9 June, (1994). North Wyke Research Station, AFRC Institute of Grassland and Environmental Research, Okehampton, Devon EX20 25B, UK.
- TUTIN T.G., HEYWOOD V.H., BURGESS N. A., VALENTINE D.H., WALTERS S.M., WEBB D.A. (1964-1980). *Flora Europaea*. Vol. 1-5. Cambridge University Press. Cambridge.
- ZAMUNER E., CULOT J.P.H., 1999. Efecto de la fertilización en la capacidad de absorción de fósforo. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.* 14, 1-2.