

INFLUENCIA SOBRE EL PASTO DE TRES ESPECIES DE ÁRBOLES CON ALTOS REQUERIMIENTOS DE HUMEDAD EDÁFICA

A. PUERTO¹ y J.M. RIVERO²

RESUMEN

Se estudia la influencia de *Alnus glutinosa* (L.) Gaertner, *Fraxinus angustifolia* Vahl. y *Populus nigra* L. sobre el estrato herbáceo. Dicho estrato queda limitado a las especies del género *Trifolium* L., para comprobar su capacidad en la tipificación de gradientes ambientales. Para ello se toman como referencia otros trabajos, en los que las especies de tréboles muestran una alta potencialidad en la distinción de comunidades mediterráneas de pastizal.

Los resultados obtenidos demuestran que es posible la caracterización del gradiente de influencia del arbolado (distancia desde el tronco). También se pueden separar las influencias debidas a cada una de las tres especies de árboles consideradas. Sin embargo, al haberse muestreado un territorio amplio, las características climáticas, edáficas y de utilización entre comunidades se superponen al gradiente principal, lo que hace confusas algunas relaciones estructurales.

Palabras clave: Influencias del arbolado, diversidad, *Trifolium* L.

INTRODUCCION

La influencia del arbolado sobre las características estructurales de la vegetación subyacente es un hecho constatado y ampliamente documentado. Desde el trabajo, ya clásico de GONZÁLEZ BERNÁLDEZ *et al.* (1969), al que cabe considerar como pionero en España, se ha estudiado el efecto ejercido por los elementos leñosos de gran porte sobre el sustrato herbáceo en numerosas ocasiones y con múltiples enfoques (PUERTO Y RICO, 1988; JACKSON *et al.*, 1990; DíEZ *et al.*, 1991; KO Y REICH, 1993; MARAÑÓN y BARTOLOME, 1993).

No obstante, para la generalidad del territorio español, destacan los ecosistemas de dehesa en la realización de este tipo de ensayos. Las causas son fáciles de comprender. Por una parte, la distribución del arbolado en dichos ecosistemas permite

diferenciar entre enclaves claramente influenciados por la presencia de los árboles y otros donde sus múltiples efectos, en caso de existir, se dejan notar de forma débil e indirecta. Por otro lado, no hay que olvidar el régimen de explotación de las dehesas, y el comportamiento diferencial que respecto a los árboles presentan los animales domésticos (MONTROYA Y MESÓN, 1982). Ambas causas unidas crean fuertes contrastes, evidentes incluso a simple vista, entre las localizaciones situadas bajo las copas y fuera de ellas, bien entendido que la especie leñosa de referencia suele pertenecer al género *Quercus* L., si bien se han hecho algunas incursiones relacionadas con otros géneros (TÁRREGA Y LUIS, 1989).

Otro aspecto que merece ser destacado es la consideración global o más restringida de las comunidades que se entienden como pasto subyacente. Muchos trabajos parten del inventariado de todas las fanerógamas presentes, con lo que se consigue una alta información estructural. Sin embargo, hay motivos para pensar que bajo esta amplia apreciación del problema quedan enmascaradas situaciones más particulares, que hacen referencia a grupos restringidos de especies. En otras

¹ Departamento de Ecología. Facultad de Biología. Universidad de Salamanca.

² Departamento de Ciencias Aplicadas. C.E.I. de Cáceres. 1004 Cáceres.

palabras, se pierde información respecto a lo que es la generalidad del pastizal, pero se gana precisión. Así, RICO y PUERTO (1989) y Díez *et al.*, (1994) restringen sus apreciaciones únicamente a las leguminosas. Díez *et al.*, (1995) aportan el carácter discriminador de las gramíneas.

En este caso, se ha pretendido salirse de los planteamientos seguidos más generalmente. En consecuencia, haciendo caso omiso de las quercíneas, se pretende poner de manifiesto la influencia de tres especies de árboles con altos requerimientos de agua en el suelo. Se trata de *Alnus glutinosa* (L.) Gaertner (aliso), *Fraxinus angustifolia* Vahl. (fresno) y *Populus nigra* L. (chopo). No deja de llamar la atención la notable carencia de estudios pascícolas que recojan la influencia de estas especies arbóreas, tanto más cuanto la carestía de pastos frescos durante la primavera tardía y el verano es problemática en la región Mediterránea. Por ello, debe subrayarse el especial interés que pueden llegar a tener estos pastos si se potencian y se hace un uso adecuado de ellos. Tal vez, el principal inconveniente radique, desde el punto de vista operacional, en la circunstancia indicada de que se trata de comunidades húmedas. Como es bien conocido, cuanto más acusadas y con tendencia a la xericidad sean las condiciones ambientales, más se deja sentir el efecto del arbolado sobre el pasto. La humedad edáfica elevada, o relativamente elevada, no garantiza precisamente el efecto de contraste inducido por los árboles, e incluso en algunas ocasiones se ha comprobado que dicho efecto no existe o no puede ponerse de manifiesto por métodos estadísticos (PUERTO *et al.*, 1988).

Lo que sí puede hacerse en una primera aproximación, a pesar del requerimiento común de una notable humedad edáfica, es señalar las marcadas diferencias ecológicas entre las tres especies de árboles que se han tenido en cuenta. Los alisos están muy ligados a los cauces de agua. Su conocida capacidad simbiótica con microorganismos fijadores de nitrógeno (BERMÚDEZ DE CASTRO *et al.*, 1984) y la densidad de su sombra pueden ser las características responsables de que en la vegetación herbácea de las alisadas sean escasas las leguminosas (NAVARRO *et al.*, 1986; RIVAS *et al.*, 1986). En las fresnedas suelen encontrarse pastizales húmedos, generalmente bien cuidados y con una carga ganadera importante (GÓMEZ

GUTIÉRREZ y PÉREZ, 1992). Las choperas son, en su extensión más significativa, una explotación forestal en la que se practican algunos trabajos de laboreo y riego.

Otra forma de soslayar la metodología más tradicional, ha consistido en limitarse a las especies del género *Trifolium* L., para llevar a cabo la caracterización estructural de la influencia del arbolado. Respecto a lo ya comentado supone una nueva pérdida de información, pero una notable ganancia de precisión. El porqué de centrarse en este género obedece al amplio espectro de hábitats que llega a ocupar, siendo un indicador muy fino tanto por la presencia de sus especies como por la abundancia de los individuos de las mismas. A ello se une su importancia cualitativa y cuantitativa en los pastizales mediterráneos (ZOHARY y HELLER, 1984), y el hecho de contar ya con el punto de partida de haber sido utilizado anteriormente en la tipificación de comunidades similares (PUERTO *et al.*, 1984), de forma particular en la interpretación de la influencia de quercíneas sobre el pasto (RIVERO y PUERTO, 1992). Cabe añadir que, a esta importancia referida a la tipificación de comunidades, se une el indiscutible valor pascícola de las leguminosas en general y del género tratado en particular, al tiempo que es muy apetecible por el ganado. Por tanto, en la mayoría de las ocasiones proporciona una idea bastante adecuada de la calidad del pasto, sobre todo en condiciones generales definibles como semiáridas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han elegido nueve comunidades situadas en la provincia de Salamanca (Centro-Oeste español). Su posición concreta queda recogida en la Figura 1, en la que se indica además las especies que constituyen el dosel arbóreo. Denominándolas por el nombre del término municipal en el que se asientan, se contó con tres de alisos, pertenecientes a Bogajo, Serradilla del Llano y Puente del Congosto, otras tres de fresnos, localizadas en Bogajo, Lumbrales y Aldehuela de Yeltes y, por último, las tres restantes, en las que se cuantificó la influencia de los chopos, corresponden a La Maya, Forfoleda y Ciudad Rodrigo. Por lo tanto existe un equilibrio en cuanto al número de parcelas consideradas, lo que resulta fundamental para establecer comparaciones posteriores, parti-

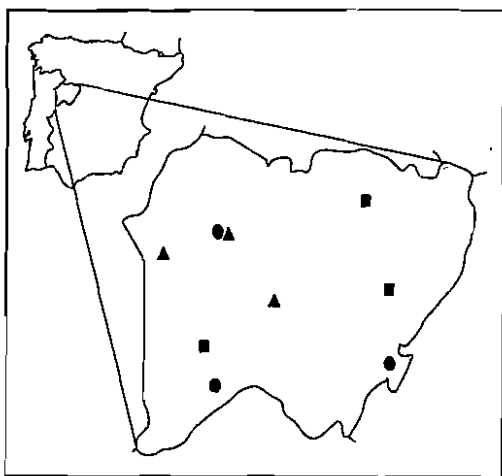


Fig. 1. Distribución en la provincia de Salamanca (España) de las localidades donde se ha realizado el estudio. Círculos *Alnus glutinosa* (L.) Gaertner, triángulos *Fraxinus angustifolia* Valh. y cuadrados *Populus nigra* L.

cularmente en lo que se refiere a los rasgos estructurales de la vegetación.

Dado que en la provincia de Salamanca la precipitación y la temperatura aumentan hacia el Sur y el Oeste, se aprecian diferencias generales entre las distintas agrupaciones arbóreas. Así, las choperas están en los intervalos de 500-600 mm y 11-13° C, las alisedas en 600-800 mm y 12-14° C, y las fresnedas en 500-800 mm y 12-15° C. Con todo, quizá la temperatura tenga mucha más importancia que la precipitación, ya que las choperas, debido al riego, y las alisedas y fresnedas, por su posición topográfica baja, cuentan siempre con suficiente agua independientemente de lo indicado por las precipitaciones generales. En cuanto a los suelos son sedimentarios o desarrollados sobre rocas plutónicas. En el caso de las choperas son sedimentarios, para las alisedas graníticos y pizarrosos, y sedimentarios y graníticos para las fresnedas. No obstante estas variaciones, en todos los casos se trata de suelos potentes y fértiles por su situación geomorfológica, lo que, en parte, atenúa las diferencias. Más información acerca de las características climáticas, geomorfológicas, edáficas y florísticas de las distintas áreas

provinciales puede encontrarse en MONTERO y GONZÁLEZ (1974), LUIS y MONSERRAT (1979), GARCÍA (1987), RIVAS (1987), RODRÍGUEZ (1986) y GÓMEZ (1992).

En cada una de las comunidades se seleccionaron tres árboles representativos, de porte medio, y distanciados entre sí 50 m como mínimo para absorber la máxima variabilidad. En cada árbol fueron considerados los tres enclaves clásicos que suponen las máximas soluciones de continuidad, es decir, bajo la copa, en la proyección del borde de la copa sobre el suelo y en los espacios abiertos. Estos últimos a unos 15 m del tronco y fuera también de la interacción con otros árboles. No obstante, en el caso de las choperas, se presentan ocasionalmente dificultades para seguir el planteamiento, motivadas por su carácter de cultivo forestal. Cuando ocurría así, se fijaron también tres enclaves, pero definidos por el interior del agrupamiento de árboles, el borde de dicho agrupamiento y distancias de unos 25 m de cualquier otro árbol. El hecho de que la distancia de las comunidades abiertas se incremente respecto a las otras dos especies de árboles, obedece a la altura alcanzada por los chopos, lo que pudiera ser causa de interferencias si se establece una separación menor. Dado que en cada árbol (o masa forestal, caso de las choperas) se realizó un inventario por enclave, esto supone 9 inventarios por comunidad, 27 para las tres comunidades de cada especie arbórea, y 81 para la generalidad del trabajo.

Cada uno de los inventarios del gradiente de influencia sobre el estrato herbáceo se llevó a cabo mediante cinco cuadrados elementales de 0.5 m de lado. La disposición de los distintos cuadrados no sigue ningún patrón de orientación, sino que se distribuyeron regularmente alrededor de los árboles, ya que el objetivo principal es establecer los efectos diferenciales determinados por chopos, alisos y fresnos. No se intenta entrar en aspectos muy concretos que ya han sido abordados en diferentes ocasiones (PUERTO y RICO, 1988; TARREGA y LUIS, 1989; DíEZ *et al.*, 1994). En cada cuadrado se anotaron las coberturas de las distintas especies de tréboles presentes (denominaciones según ZOHARY y HELLER, 1984), expresadas como porcentaje de suelo cubierto por cada una de ellas en su proyección vertical. Este criterio resulta recomendable cuando se trata de coberturas generalmente

bajas, de menos del 15% (MITCHELL *et al.*, 1988), al igual que para la aplicación de índices estructurales, dada la alta correlación existente, en el caso de especies herbáceas, entre cobertura y biomasa (PUERTO & GÓMEZ, 1985). De hecho, la biomasa sería el mejor parámetro a utilizar, si su evaluación no reuniera tantas dificultades.

Con todo, escoger un tipo de unidad de muestreo supone ciertas dificultades, ya que su tamaño y número pueden afectar a los resultados, por ejemplo, en términos de riqueza de especies. Se ha tratado de paliar esta dificultad teniendo en cuenta también aquellas especies presentes pero que no aparecían en las unidades de muestreo, a las que se les asignó, en las medias realizadas, el valor de 0.1% en el inventario. No obstante, ateniéndonos a las críticas sobre la representatividad de cualquier inventario, hay que entender que el método es válido en términos comparativos siempre que el tamaño de la unidad de muestreo y su número permanezcan constantes (WALKER y PEET, 1983; MENCHI *et al.*, 1989). De aquí la insistencia planteada en mantener la igualdad metodológica en todos los casos.

Para el tratamiento de los datos se ha utilizado el análisis multifactorial de correspondencias, método que se presenta como idóneo dadas las características de la matriz numérica que se manejaba (TER BRAAK y PRENTICE, 1988; BONIN y TATONI, 1990). El análisis multifactorial fue realizado mediante el paquete estadístico SPAD. El hecho de elegir esta modalidad en particular obedece a un simple criterio de disponibilidad, ya que las críticas y contracríticas que se han venido sucediendo sobre las distintas opciones de los análisis factoriales, hacen que ninguno de ellos presenten garantías evidentes en cuanto a sus bases matemáticas. Así, las modificaciones que se han venido proponiendo desde BENZÉCRI (1970) presentan todas ventajas e inconvenientes.

También se ha aplicado un análisis de clasificación de la configuración CLUSTAN (WISHART, 1978), eligiendo el que parecía ajustarse mejor a los datos y propósitos del estudio. Dicho análisis, jerárquico, aglomerativo y politético, tiene su base algorítmica en las distancias euclídeas a partir de datos cuantitativos. La representación se realiza mediante el sistema de gráficos ramificados o dendrogramas.

Finalmente, la diversidad fue calculada mediante el índice H' de SHANNON y WEAVER (1949), aplicado tanto para los inventarios individuales (diversidad alfa) como para grupos de inventarios que recogen a los anteriores (diversidad gamma). Esto permite el cálculo de la heterogeneidad, empleando la fórmula propuesta por MARGALEF (1956, 1957, 1975), que consiste en restar a la diversidad gamma la media de las diversidades alfa. Como ocurre con el análisis factorial, se pueden utilizar muchos índices de diversidad. El índice aplicado, procedente de la teoría de la información, quizá sea más sensible que otros basados en la teoría de la probabilidad a los cambios en especies poco frecuentes, pero presenta la ventaja de hacer muy sencillo el cálculo de la heterogeneidad. Además, tampoco hay un criterio firme que permita decantar las diferencias de una forma estricta por cualquiera de los propuestos (PUERTO, 1995).

RESULTADOS Y DISCUSION

En el conjunto de los inventarios aparecen 21 especies de tréboles, cuyas coberturas medias y porcentajes de presencias en ellos se indican en la Tabla I. Como puede apreciarse, la cobertura media del género supera el 13%, lo que supone una elevada representatividad respecto al total de las especies que constituyen los pastos considerados. Destacan *T. subterraneum* y *T. campestre*, si bien son seis los tréboles que se encuentran por encima del 1%. En cuanto a la presencia, son siete las especies que aparecen en más del 45% de los inventarios, entre las que quedan incluidas las dos mencionadas anteriormente. De nuevo vuelve a manifestarse la amplitud ecológica del género y el acierto en haberlo elegido, no tan sólo en lo que refiere a su distribución, sino también por su potencial discriminante (PUERTO *et al.*, 1984).

En las Tablas II y III se recogen, respectivamente, los valores medios de cobertura del género y el número de especies correspondientes a cada enclave de influencia del arbolado. Se aprecia una clara tendencia a la disminución, tanto de la cobertura como del número de especies, al aumentar la influencia del árbol sobre el pasto subyacente. No obstante, las diferencias son más significativas para el número de especies que para los valores de cobertura. En el caso de la

TABLA I

ESPECIES DE TREBOLES PRESENTES EN EL CONJUNTO DE LOS INVENTARIOS (DENOMINACIONES SEGUN ZOHARY y HELLER, 1984). SE INDICAN SUS VALORES DE COBERTURA MEDIA Y PORCENTAJE DE PRESENCIAS EN LOS MISMOS.

		cobertura media (%)	presencias (%)
<i>Trifolium angustifolium</i>	T. ang.	0,14	23,5
<i>T. arvense</i>	T. arv.	1,22	53,1
<i>T. bocconei</i>	T. boc.	0,10	7,4
<i>T. campestre</i>	T. cam.	2,12	76,5
<i>T. cernuum</i>	T. cer.	0,01	1,2
<i>T. chesteri</i>	T. che.	0,13	6,2
<i>T. dubium</i>	T. dub.	1,01	46,9
<i>T. fragiferum</i>	T. fra.	0,07	6,2
<i>T. glomeratum</i>	T. glo.	1,21	69,1
<i>T. leucanthum</i>	T. leu.	0,07	8,6
<i>T. michelianum</i>	T. mih.	0,06	2,5
<i>T. micranthum</i>	T. mir.	0,20	19,8
<i>T. pratense</i>	T. pra.	0,56	33,3
<i>T. repens</i>	T. rep.	1,27	64,2
<i>T. retusum</i>	T. ret.	0,60	24,7
<i>T. scabrum</i>	T. sca.	0,07	16,0
<i>T. smyrnaeum</i>	T. smy.	0,01	1,2
<i>T. striatum</i>	T. sta.	0,79	60,5
<i>T. strictum</i>	T. stc.	0,62	27,2
<i>T. subterraneum</i>	T. sub.	3,44	49,4
<i>T. tomentosum</i>	T. tom.	0,06	9,9

TABLA II

VALORES MEDIOS DE LA COBERTURA DE LAS ESPECIES DEL GENERO *TRIFOLIUM* L. EN CADA ENCLAVE DEL GRADIENTE DE INFLUENCIA DEL ARBOLADO, DESVIACION ESTANDARD, t DE STUDENT Y SIGNIFICACION DE LAS DIFERENCIAS

	<i>exterior</i>	<i>borde</i>	<i>cubierta</i>
Cobertura media	19,15	12,51	10,16
Desviación estandard	14,19	9,21	10,31
<i>Diferencia de las medias de cobertura</i>			
exterior	borde	$t=0,885$	p ns
borde	cubierta	$t=1,977$	$p<0,05$
exterior	cubierta	$t=2,586$	$p<0,01$

TABLA III

VALORES MEDIOS DEL NUMERO DE ESPECIES DEL GENERO *TRIFOLIUM* L. EN CADA ENCLAVE DEL GRADIENTE DE INFLUENCIA DEL ARBOLADO, DESVIACION ESTANDARD, t DE STUDENT Y SIGNIFICACION DE LAS DIFERENCIAS

	<i>exterior</i>	<i>borde</i>	<i>cubierta</i>
Número de especies	7,63	6,26	4,37
Desviación estandard	2,22	1,34	1,66
<i>Diferencia de las medias de cobertura</i>			
exterior	borde	$t=2,671$	$p<0,01$
borde	cubierta	$t=4,579$	$p<0,001$
exterior	cubierta	$t=6,025$	$p<0,001$

cobertura, la disparidad entre los enclaves no influenciados por el arbolado y las posiciones del borde, no resulta significativa, siendo también estas localizaciones las que presentan menor nivel de significación al comparar el número medio de tréboles presentes.

No obstante, dado que hasta cierto punto existe correlación entre producción y cobertura (PUERTO y GÓMEZ, 1985), ya las tendencias generales se muestran contradictorias. Así, DU TOIT (1968) y BEALE (1973) encuentran que la producción herbácea decrece con la influencia del arbolado, resultados que son contrarios a los obtenidos por BELSKY *et al.*, (1989) y GEORGIA-DIS (1989). Posiblemente, las disparidades en la disponibilidad de agua y nutrientes influyen en estas diferencias (MONTROYA y MESÓN, 1982), aunque también hay que contar con los desplazamientos temporales que experimenta la producción según el tipo de hábitat y que, de hecho, en las zonas húmedas es raro encontrar diferencias significativas (PUERTO y RICO, 1996). Quizá por ello se cuente con unos niveles de significación relativamente bajos en la Tabla II.

En cuanto al número de especies de leguminosas, tiende a ser más abundante en los espacios abiertos que bajo la copa de los árboles (MUOGHALU y ISICHEI, 1991). ERIKSEN (1977) indica que las leguminosas no pueden competir favorablemente con las gramíneas bajo condiciones de sombra, aunque naturalmente se producen excepciones tanto para leguminosas como para gramíneas (PRATT y GWYNNE, 1977). Igualmente, la abundancia de nitrógeno bajo las copas, unida a la mayor altura de las gramíneas, implica el desplazamiento de muchos tréboles hacia los espacios abiertos (Tabla III).

En el plano definido por los dos primeros ejes (33% de absorción) del análisis de correspondencias, se obtiene una distribución relativamente compleja de los inventarios (Figura 2).

En dicha distribución, quedan separados en un área reducida los inventarios de las choperas. Aunque el muestreo se realizó en zonas donde no se detectaba una roturación reciente, se ha de admitir el carácter distintivo de una edad sucesional temprana. Este hecho, impone una distinción total respecto a las fresnedas, donde se

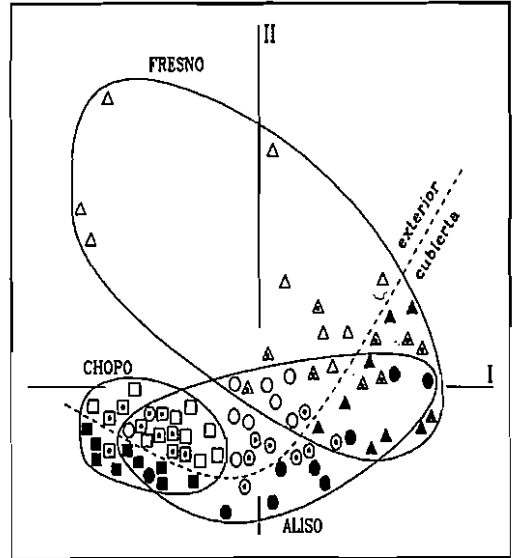


Fig. 2. Distribución de los inventarios en el plano principal del Análisis de Correspondencias. Influencia de *Alnus glutinosa* (L.) Gaertner (círculos), *Fraxinus angustifolia* Valh. (triángulos) y *Populus nigra* L. (cuadrados), sobre los tréboles del pasto subyacente. Símbolos huecos exterior, con punto borde y sólidos cubierta.

encuentran pastos estabilizados con larga tradición ganadera. Los pastos de las alisedas parecen compartir características con los dos grupos anteriores; por una parte, son muy apetecidos por el ganado en la época más calurosa y, por otra, no es improbable que hayan sufrido perturbaciones más o menos acusadas, propiciadas por avenidas ocasionales.

En cuanto a la distribución de las especies en el mismo plano (Figura 3), se distingue, en la zona que ocupan los inventarios de las choperas, algunas que caracterizan las etapas sucesionales tempranas, como *T. arvense*, *T. angustifolium*, *T. glomeratum* y *T. campestre*, las cuales se desarrollan bien tanto en suelos húmedos como con déficit hídrico, situaciones normales en terrenos sometidos a riegos esporádicos. También se incluye en este grupo *T. leucanthum*, con requerimientos comparables a las citadas, pero se trata de una especie poco citada en la bibliografía ecológica y sólo se ha relacionado, en climas semejantes, con zonas encharcadas o húmedas

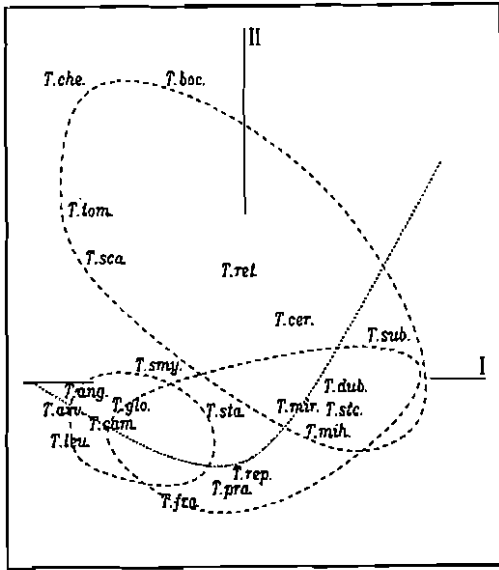


Fig. 3. Situación de las especies de *Trifolium* L. en el plano principal del Análisis de Correspondencias. Se puntean los límites de las áreas marcadas en la figura 2.

(REDONDO y GÓMEZ, 1982). Aquellas especies como *T. cheraleri* y *T. bocconei*, que se identifican con condiciones muy pobres, se distancian hacia el cuarto cuadrante. Por el contrario, hacia los valores positivos y negativos más altos de los ejes I y II, respectivamente, se encuentran especies propias de suelos muy húmedos o ligadas a la influencia de los árboles. Entre las primeras, cabe destacar una poco frecuente, *T. michelianum*, muy relacionada con este tipo de enclaves. Dentro de las segundas se ha citado reiteradamente a *T. repens* (ÉTIENNE, 1977; OVALLE, 1981; HUBERT *et al.*, 1982; DÍEZ *et al.*, 1994), acompañado por *T. subterraneum* (ÉTIENNE, 1977), por *T. pratense* (DÍEZ *et al.*, 1994), o por otras especies de tréboles.

En definitiva, se cuenta con un gradiente de recursos (AUSTIN y SMITH, 1989), operando desde el tronco hasta los espacios abiertos. Pero a este gradiente se le superpone otro relativo a la localización y características de la misma. Este último aspecto, detectado ya en parte por el análisis de correspondencias, se hace más claro al

emplear un tipo de análisis menos potente, como es el de clasificación.

En el dendrograma resultante (Figura 4) se distinguen dos grupos principales.

En el primero (número 1) se encuentran la mayoría de los inventarios que representan las parcelas más estabilizadas, es decir, las influenciadas por fresnos, a las que se unen las de alisos de la localidad de Bogajo. Esta unión es lógica si se tiene en cuenta que, en Bogajo, se muestreó en una vega amplia sometida a pastoreo bastante intenso, característica que también suele ser propia de las fresnedas. Dentro de este grupo, el conjunto de inventarios de Bogajo (número 3) presenta, en general, valores de afinidad altos, al contrario de lo ocurre con los inventarios de Aldehuela de Yeltes (número 4). Lo que cabe destacar, es que no se aprecia ningún agrupamiento definido de los inventarios que responda al gradiente estudiado de influencia del arbolado.

El segundo grupo de importancia en dendrograma, está integrado por todos los inventarios de las parcelas relacionadas con las choperas, además de algunas dependientes de los alisos. De nuevo, se ha de interpretar este grupo como un compendio de pastizales no estabilizados, que sufren modificaciones temporales. Tampoco es posible establecer, a nivel general, grupos que reflejen con claridad el gradiente de influencia del arbolado. A un nivel más preciso, se pueden separar algunos, como los indicados con los números 5 y 6, que responden a características específicas por la especie de árbol o por la localización geográfica, pero ambos aspectos están profusamente entremezclados.

Se ha de admitir que las diferencias entre las parcelas se deben más a las características climáticas, edáficas y de utilización relacionadas con las especies arbóreas, que a la propia influencia de los árboles. Así lo recoge también, en parte, el análisis de correspondencias, aunque en él la influencia del arbolado, en la forma de gradiente, es manifiesta. Así, si la distribución de las especies en un gradiente ambiental se caracteriza por su posición óptima, la abundancia de cada especie en su óptimo y la amplitud de su distribución (GAUCH, 1982; AUSTIN, 1987; SHMIDA y WILSON 1987),

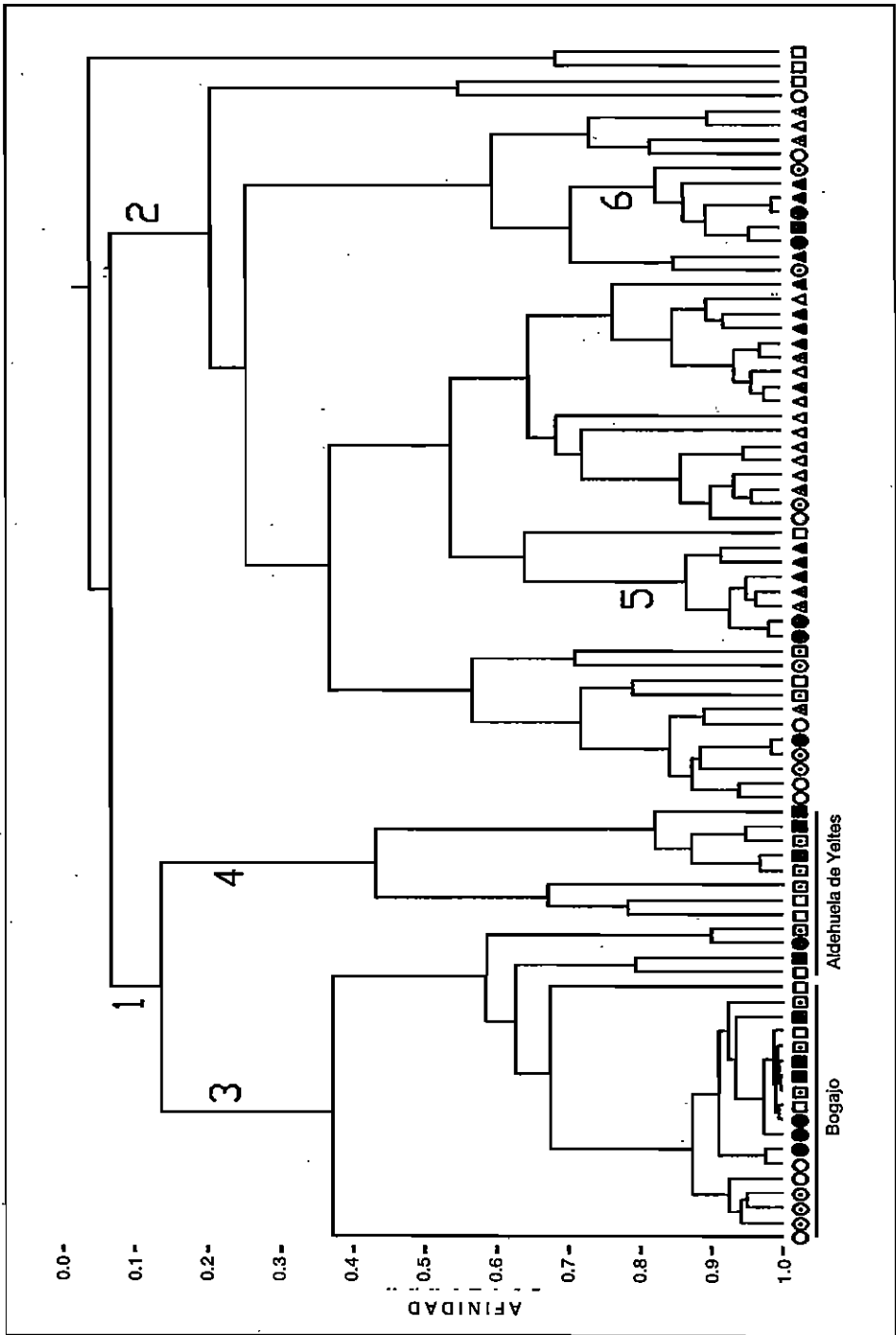


Fig. 4. Dendrograma de afinidad para los inventarios considerados. Se utiliza la misma simbología que en la Figura 2.

pero los diferentes efectos puestos de manifiesto por SHMIDA y WILSON (1985) crean interferencias que incluso pueden llegar a predominar a pesar de lo lineal de los planteamientos.

En cuanto a la diversidad y a la heterogeneidad, en la Tabla IV se indican los datos que corresponden a los niveles de influencia del arbolado que se han venido considerando.

Tanto los valores medios de la diversidad alfa como la diversidad gamma aumentan hacia los enclaves más alejados de los árboles. Sin embargo, el borde, como zona de contacto, no alcanza la mayor diversidad, circunstancia que suele suceder cuando se tiene en cuenta la totalidad de las especies herbáceas (PUERTO *et al.*, 1988). La tendencia negativa de las leguminosas frente a la sombra, tratándose de lugares fértiles, puede dar razón de este hecho, al igual que ocurre el caso del número de especies (componente de riqueza de la diversidad). Para la diversidad alfa se encuentran diferencias significativas, excepto al comparar los espacios abiertos y la localización del borde, que no obstante queda por debajo de un valor de $p=0.1$.

La mayor heterogeneidad de los enclaves situados bajo los árboles puede estar determinada por las diferencias, ya comentadas, entre el tipo de comunidad característico de cada una de las tres especies arbóreas. De aquí se deriva que los espacios abiertos sean peculiares en cada caso, pero bajo las copas, a estas circunstancias diferenciales (que actúan de un modo general sobre todas las parcelas), se unen las relativas a los propios árboles. Se podría pensar en una cierta igualdad de las condiciones

ambientales bajo las copas y, en consecuencia, a que la heterogeneidad fuera menor, pero al no tratarse de las mismas especies de árboles ni de los mismos ambientes, no ocurre así. Además, las fuertes relaciones de competencia que se producen bajo ellas llevan a que se formen corros característicos dominados por una sola especie, lo que en el caso de los tréboles conduce, por un simple efecto del muestreo, a un aumento complementario de la heterogeneidad. En este sentido, es difícil separar heterogeneidad y superficie inventariada. Las generalizaciones de PALMER y DIXON (1990), en el sentido de que cada cuadrado representa una región más que un simple punto del gradiente ambiental, deberían ser matizadas, al menos en circunstancias como las que aquí se tratan.

CONCLUSIONES

Las especies de tréboles demuestran su sensibilidad a los cambios e influencias ambientales dominantes en el gradiente de influencia del arbolado. Dicha sensibilidad se aprecia tanto en lo que se refiere a la disposición de los inventarios respecto a los árboles, como para la especie de árbol de que se trate. En este segundo aspecto son importantes la estrategia productiva de la especie, su densidad y el hábitat que le es característico.

Aunque el muestreo se ha realizado respecto a una fuente de variación concreta, al incluirse distintas localidades, las características de estas últimas se superponen a la relación causa-efecto que, en principio, se intentaba destacar. Las relaciones geográficas no llegan a enmasca-

TABLA IV

VALORES MEDIOS DE LA DIVERSIDAD ALFA EN EL GRADIENTE DE INFLUENCIA DEL ARBOLADO, DESVIACIÓN ESTANDAR, t DE STUDENT Y SIGNIFICACIÓN DE LAS DIFERENCIAS. TAMBIÉN SE INCLUYE LA DIVERSIDAD GAMMA Y LA HETEROGENEIDAD

	<i>exterior</i>	<i>borde</i>	<i>cubierta</i>
Diversidad alfa media	2,17	1,89	1,35
Desviación estandard	0,55	0,56	0,61
Diversidad gamma	3,53	3,24	2,98
Heterogeneidad	1,36	1,35	1,63
<i>Diferencia de las medias de la diversidad alfa</i>			
exterior-borde	$t=1,845$	$p \text{ ns } (p=0,0708)$	
borde-cubierta	$t=3,424$	$p < 0,01$	
exterior-cubierta	$t=5,202$	$p < 0,001$	

rar por completo la fuente principal de variación, pero sí introducen un cierto desorden respecto a la misma.

Desde el punto de vista estructural, las diversidades alfa y gamma aumentan con el alejamiento de los árboles, los cuales, en general, crean condiciones poco adecuadas para las especies de trébo-

les. La heterogeneidad, por el contrario, es más irregular, al tiempo que se obtienen tendencias contrarias a las de la diversidad. Esto se debe en parte a la dispersión de medios, a las distintas especies arbóreas y a las peculiaridades de competencia bajo las copas, lo que origina un contraste de ambientes al considerarlos de forma conjunta.

SUMMARY

A study of the effect of *Alnus glutinosa* (L.) Gaertner, *Fraxinus angustifolia* Vahl. and *Populus nigra* L. on the herbaceous substrate was conducted. The substrate was limited to species of the genus *Trifolium* L. to check their capacity in the typification of environmental gradients. To do so, other works in which the clover species have been found to show a high potential for the distinction of Mediterranean grassland species were used.

The results obtained reveal that it is possible to characterize the gradient of the effect of the tree covering (distance to trunk). It is also possible to separate the effects due to each of the three tree species considered. However, since sampling was carried out over a broad territory, the climatic, edaphic and utilization characteristics among communities overlap the main gradient, thus confusing some of the structural relationships.

Key words: Tree cover, diversity, *Trifolium* L.

BIBLIOGRAFIA

- AUSTIN M.P. 1987: «Models for the analysis of species response to environmental gradients». *Vegetatio*, 69: 5-45.
- AUSTIN M.P. & SMITH T.M. 1989: «A new model for the continuum concept». *Vegetatio*, 83: 35-47.
- BEALE I.F. 1973: «Tree density effects on yield or herbage and tree components in Southwest Queensland mulga (*Acacia aneura* F. Muell) scrub». *Tropical Grasslands*, 7: 135-142.
- BELSKY A.J., AMUNDSON R.G., DUXBURY J.M., RIHA S.J., ALI, A.R. & MWONGA S.M. 1989: «The effects of trees on their physical, chemical and biological environments in a semi-arid savanna in Kenya». *Journal of Applied Ecology*, 26: 1005-1024.
- BENZÉCRI J.P. 1970: *L'analyse des données. II. L'analyse des correspondances*. Dunod. París.
- BERMUDEZ DE CASTRO F., BURGUETE L. & SCHMITZ M.F. 1984: «Variaciones de la densidad de microorganismos nitrificantes en alisendas». *Studia Oecológica*, III(1-2): 109-116.
- BONIN G. & TATONI T. 1990: «Reflexions sur l'apport de l'analyse factorielle des correspondances dans l'étude des communautés végétales et de leur environnement». *Ecologia Mediterránea*, 16: 403-414.
- DÍEZ C., LUIS E. & TÁRREGA R. 1994: «Análisis comparativo de la diversidad del estrato herbáceo en función de la distancia al árbol en dehesas de roble». *Studia Oecológica*, 10-11: 155-161.
- DÍEZ C., LUIS E., TÁRREGA R. & ALONSO P. 1994: «Estudio de las leguminosas en dehesas de roble de *Quercus pyrenaica* y su relación con las características edáficas». *Actas de la XXXIV Reunión Científica de la E.E.E.P. Santander*. pp. 71-77.
- DU TOIT P.F. 1968: «A preliminary report on the effect of *Acacia karroo* competition on the composition and yield of sweet grassveld». *Proceedings of the Grassland Society of Southern Africa*, 7: 44-50.

- ERKISEN F.H. 1977: *The effect of shading on morphology, yield and nitrogenase activity of grass legumes and tropical forage grasses and legumes*. Ph. D. Thesis. University of Hawaii.
- ÉTIENNE M. 1977: *Bases phyto-écologiques du développement des ressources pastorales en Corse*. Thèse Doct. Ing. U.S.T.L. Montpellier.
- GARCÍA, A. (Ed.) 1987: *Mapa de suelos de Castilla y León*. Junta de Castilla y León. Valladolid.
- GAUCH JR. H.G. 1982: *Multivariate analysis and community structure*. Cambridge University Press. Cambridge.
- GEORGIADIS N.J. 1989: «Microhabitat variation in an African savanna: effects of woody cover and herbivores in Kenya». *Journal of Tropical Ecology*, 5: 93-108.
- GOMEZ J.M. (Coord.) 1992: *El libro de las dehesas salmantinas*. Junta de Castilla y León. Salamanca.
- GÓMEZ GUTIÉRREZ J.M. & PÉREZ M.A. 1992: «Manejo del arbolado y del matorral». En: GÓMEZ GUTIÉRREZ, J.M. (Coord.). *El libro de las dehesas salmantinas*: 563-582. Junta de Castilla y León. Salamanca.
- GONZALEZ BERNALDEZ E., MOREY M. & VELASCO F. 1969: «Influence of *Quercus ilex rotundifolia* on the herb layer at the El Pardo forest (Madrid)». *Bol. R. Soc. Hist. Nat. (Biol.)*, 67: 265-284.
- HUBERT D., OVALLE C & DAGET PH. 1982: «Influence du couvert des arbres sur la végétation d'une pelouse des Causses». *Les Pelouses Calcaires. Colloques Phytosociologiques*, 11: 570-586.
- JACKSON I.E., STRAUSS R.B., FIRESTONE M.K & BARTOLOME J.W. 1990: «Influence of tree canopies on grass and productivity and nitrogen dynamics in deciduous oak savanna». *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 32: 89-105.
- LUIS E. & MONTERRAT P. 1979: «Mapa fitoclimático de la provincia de Salamanca». En: E. BALCELLS (Ed.), *Estudio integrado y multidisciplinario de la dehesa salmantina. Estudio fisiográfico-descriptivo 3*, pp. 157-181. C.S.I.C. Salamanca-Jaca.
- MARAÑÓN T. & BARTOLOME J.W. 1993: «Reciprocal transplants of herbaceous communities between *Quercus agrifolia* woodland and adjacent grassland». *Journal of Ecology*, 81: 673-682.
- MARGALEF R. 1956: «Información y diversidad específica en las comunidades de organismos». *Investigaciones Pesqueras*, 3: 99-106.
- MARGALEF R. 1957: «La teoría de la información en ecología». *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, 32: 273-419.
- MARGALEF R. 1975: «El ecosistema». En: FUNDACIÓN «LA SALLE» DE CIENCIAS NATURALES (Ed.), *Ecología marina*, pp. 377-453. Dossat. Madrid.
- MENGI M., CABIDO M., PECO B. & PINEDA F.D. 1989: «Grassland heterogeneity in relation to lithology and geomorphology in the Córdoba Mountains, Argentina». *Vegetatio*, 84: 133-142.
- MINCHIN P.R. 1987: «Simulation of multidimensional community patterns: towards a comprehensive model». *Vegetatio*, 71: 145-156.
- MITCHELL J.E., BARTLING P.N.S. & O'BRIEN R. 1988: «Comparing cover-class macroplot data with direct estimates from small plots». *The American Midland Naturalist*, 120: 70-78.
- MONTERO J.L. & GONZÁLEZ J.L. 1974: *Diagrams bioclimáticos*. I.C.O.N.A. Madrid.
- MONTOYA J.M. & MESÓN M.L. 1982: «Intensidad y efectos del arbolado de las dehesas sobre la fenología y composición específica del sotobosque». *Anales del I.N.I.A. (Serie Forestal)*, 5: 61-85.
- MOUGHALU J.I & ISICHEI A.O. 1991: «Effect of tree canopy cover on the yield, crude protein and fibre content of forb species in Nigerian Guinea savanna». *Vegetatio*, 95: 167-175.
- NAVARRO F., GONZÁLEZ M.A., GALLEGO F., ELENA J.A., SÁNCHEZ M.A & LÓPEZ L. 1986: «Alisedas salmantinas y zamoranas». *Studia Botánica*, 5: 39-52.

- OVALLE C. 1981: *Influence de l'arbre sur la végétation pastorale*. D.E.A. (U.S.T.L.). Montpellier.
- PALMER M.W. & DIXON P.M. 1990: «Small-scale environmental heterogeneity and the analysis of species distributions along gradients». *Journal of Vegetation Science*, 1: 57-65.
- PRATT D.J. & GWYNEE M.D. 1977: *Rangeland management and ecology in East Africa*. Hodder and Stoughton. London.
- PUERTO A. 1995: «Dominance and structural bimodality in Mediterranean-Grassland gradients». *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 9: 307-316.
- PUERTO A., GARCÍA J.A., MATÍAS M.D., SALDAÑA J.A. & PÉREZ C. 1988: «Modelos estructurales condicionados por el arbolado en comunidades de diferente trofismo». *Anales de Edafología y Agrobiología*, 47: 1217-1225.
- PUERTO A. & GÓMEZ J.M. 1985: «Influencia sobre la diversidad de los valores de importancia considerados en el muestreo». *Mediterránea*, 8: 59-72.
- PUERTO A. & RICO M. 1988: «Influence of tree canopy (*Quercus rotundifolia* Lam. and *Quercus pyrenaica* Willd.) on old field succession in marginal areas of Central-Western Spain». *Act Oecologica (Oecologica Plantarum)*, 9: 337-358.
- PUERTO A. & RICO M. 1996: «Trees as a homogenizing factor of the herbaceous community structure and nutrient content in Mediterranean grasslands». *Agrochimica*, 40: 197-208.
- PUERTO A., VALDÉS, A., RICO M., GÓMEZ J.M., RODRÍGUEZ, R. & GARCÍA J.A. 1984. «Efectividad de las especies del género *Trifolium* L. en la tipificación de comunidades de pastizal». *Revista Pastos*, 14: 295-319.
- REDONDO B. & GÓMEZ, J.M. 1982: «Contribución al conocimiento de las interrelaciones suelo-vegetación en pastizales semiáridos sobre granitos». *Anuario del C.E.B.A. (C.S.I.C.) de Salamanca*, 8: 91-104.
- RICO M. & PUERTO A. 1989: «Organización espacial de leguminosas respecto al arbolado (sistemas adehesados)». *Actas de la II Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes. S.E.E.P. y S.P.P.F. Badajoz-Elvas*. pp. 63-70.
- RIVAS S. 1987: «Nociones sobre fitosociología, biogeografía y bioclimatología». En: M. PEINADO Y S. RIVAS (Eds.), *La vegetación de España*, pp. 19-45. Publicaciones de la Universidad de Alcalá de Henares. Alcalá de Henares.
- RIVAS S., FUENTE V. & SÁNCHEZ D. 1986. «Alisedas mediterráneas-iberoatlánticas en la península ibérica». *Studia Botánica*, 5: 9-38.
- RIVERO J.M. & PUERTO A. 1992: «Influencia del arbolado sobre la distribución de los tréboles en pastizales adehesados de la provincia de Cáceres». *Alcántara*, 26: 141-155.
- RODRÍGUEZ R. 1986: *Ecología de pastizales del noroeste salmantino: respuesta a la humedad y los factores físico-químicos del suelo*. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca. Salamanca.
- SHANNON C.E. & WEAVER W. 1949: *The mathematical theory of communication*. Illinois University Press. Urbana.
- SHMIDA A. & WILSON M.V. 1985: «Biological determinants of species diversity». *Journal of Biogeography*, 12: 1-20.
- TÁRREGA R. & LUIS E. 1989: «Influencia de la sabina (*Juniperus thurifera*) sobre el estrato herbáceo en función de la orientación». *Anales de Biología*, 15: 179-189.
- TER BRAAK C.J.F. & PRENTICE I.C. 1988: «A theory of gradient analysis». *Advances in Ecological Research*, 18: 271-317.
- WALKER J. & PEET R.K. 1983: «Composition and species diversity of pinewiregrass savannas of the Green Swamp, North Carolina». *Vegetatio*, 55: 163-179.
- WISHART D. 1978: *Clustan user manual*. Program Library University of Edimburgh. Edimburgh.
- ZOHARY M. & HELLER D. 1984: *The genus Trifolium*. The Israel Academy of Sciences and Humanities. Jerusalem.