



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
GRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**“INFLUENCIA DE LA COBERTURA ARBÓREA SOBRE LA
COMPOSICIÓN DEL PASTO EN SISTEMAS DE DEHESA. FINCA
CASTILLO DE VIÑUELAS, MADRID”**

Autor: Andrea Ripol Malo

Tutor: Antonio Gómez-Sal

Co-tutor: José Manuel De Miguel

Septiembre 2013

**AUTORIZACIÓN / INFORME PARA LA DEFENSA PÚBLICA
DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO**

D. **Antonio Gómez-Sal**, profesor del **Departamento de Ciencias de la Vida, Sección Ecología** de la UAH, como tutor del Trabajo de Fin de Grado de D^a. **Andrea Ripol Malo** titulado **“Influencia de la cobertura arbórea sobre la composición del pasto en sistemas de dehesa. Finca Castillo de Viñuelas, Madrid”** informa de que ha sido realizado y redactado por la mencionada alumna bajo nuestra dirección, y con esta fecha autorizo a su presentación y defensa pública.

Alcalá de Henares, 9 de Septiembre de 2013

Fdo.: _____

ÍNDICE

1. Resumen	1
2. Presentación y objetivos	2
2.1. Caracterización de una dehesa	2
2.2. Interacciones en sistemas silvopastorales	4
2.2.1. Interacción árbol-suelo	4
2.2.2. Interacción árbol-pasto	5
2.2.3. Interacción árbol-ganado	5
2.3 Objetivos	6
3. Materiales y métodos	7
3.1. Área de estudio	7
3.2. Muestreo	9
3.3. Análisis de datos	12
4. Resultados	13
4.1. Análisis correlaciones Spearman	13
4.2. Regresión lineal múltiple	14
4.3. Cobertura arbórea	15
4.4. Número de árboles	18
4.5. Análisis de clasificación	20
4.5.1. Clustering estructura horizontal	20
4.5.2. Clustering estructura vertical	22
4.5.3. Clases combinadas	24
4.6. Caracterización variables geomorfología y uso humano	27
4.6.1. Clases estructura horizontal	27
4.6.2. Clases estructura vertical	28
4.6.3. Clases combinadas	28
5. Discusión	29
5.1. Estructura de la dehesa	29
5.2. Relación cobertura arbórea-pasto	30
5.3. Relación matorral-pasto	32
6. Conclusiones	33
7. Agradecimientos	35
8. Bibliografía	36

1. Resumen

La dehesa es un sistema agrosilvopastoral ibérico que lleva siendo objeto de estudio ecológico desde hace varias décadas. Existen interrogantes en su origen y muchos de los procesos ecológicos que lo integran aún distan mucho de ser comprendidos. Se suele considerar que el incremento de la fertilidad edáfica y mejora microclimática originadas por la presencia del árbol producen un aumento en la producción de biomasa herbácea bajo la copa respecto al exterior. Sin embargo, cuando se analiza la bibliografía referente a la influencia sobre la riqueza de herbáceas, encontramos que ésta es media en el pasto abierto, máxima en el ecotono que constituye la zona limítrofe de la copa con el pasto, y baja conforme nos acercamos al tronco del árbol. Partiendo de ambas hipótesis referentes al efecto que un árbol tiene aisladamente sobre el pasto, en este trabajo se pretende analizar la influencia que la cobertura arbórea y arbustiva tiene sobre la riqueza de herbáceas a escala paisaje.

Para ello se realiza un análisis de la estructura de la dehesa en función a su cobertura leñosa, obteniendo con ello un esquema del paisaje y su relación con los valores de riqueza asociados. Se demuestra que cuando los pastos se encuentran en campo abierto sin la influencia de matorrales u otra cobertura leñosa, se registra la mayor riqueza de especies herbáceas. Por el contrario, cuando los pastos se encuentran asociados a una capa de matorral continuo, la riqueza se ve especialmente disminuida.

Al analizar de forma independiente la cobertura arbórea, comprobamos que a mayor cobertura, mayor riqueza de especies herbáceas, por lo que podemos afirmar que la cobertura de encinas favorece la riqueza a escala de paisaje. No se encuentra relación entre el tamaño de los árboles y la posible influencia asociada que pueda tener sobre la riqueza de herbáceas.

Este trabajo ayuda a entender la relación ecológica que existe entre la cobertura leñosa y la vegetación pascícola en un ecosistema único como son las dehesas, lo cual alberga gran interés en relación a su conservación e interés económico.

Palabras clave: dehesa, cobertura arbórea, matorral, pastizal, riqueza herbácea, influencia, escala paisaje

2. Introducción

2.1. Caracterización de una dehesa

En la Península Ibérica, como consecuencia de sus características naturales e históricas, existe una amplia variedad de sistemas agroforestales, principalmente silvopastorales. Entre ellos, el sistema más extendido y posiblemente más complejo es la dehesa. Aunque la denominación dehesa es sinónimo de finca acotada, con exclusión de usos (*defesa* en latín), en la actualidad suele identificarse con el modo de dehesa extremeña, en el que predominan árboles dispersos de encina (*Quercus ilex subsp rotundifolia*) o alcornoque (*Quercus suber*). Este sistema agroforestal está situado sobre suelos no aptos para el suelo agrícola, siendo generalmente ácidos y arenosos en superficie, originados generalmente a partir de granitos, cuarcitas o pizarras. Las precipitaciones son escasas, irregulares y estacionales, centradas en primavera y otoño, como corresponde al régimen climático mediterráneo. El periodo seco estival es muy marcado, teniendo que soportar la vegetación largas temporadas de déficit hídrico (Gea Izquierdo, 2007; Jofre and Rambal, 1993; San Miguel, 1994). Debido a estas características de suelo y clima, resulta de vital importancia la redistribución de agua y nutrientes (factores limitantes en estos ecosistemas) realizada por la topografía (Puerto y Rico, 1992) y por la presencia de estrato arbóreo disperso (Gea Izquierdo, 2007). En los ambientes semiáridos como el que nos ocupa, el gradiente topográfico está estrechamente relacionado con la variación de la humedad del suelo y con el incremento del flujo de nutrientes de las zonas más altas hacia las zonas más bajas (Puerto and Rico, 1989; Gómez Gutiérrez, 1992).

La dehesa es uno de los sistemas silvopastorales más conocidos y extendidos en Europa; se calcula que ocupan unos 2,3 millones de hectáreas en España y unos 0,7 millones de hectáreas en Portugal, allí llamadas “montados” (San Miguel, 1994); la dehesa típica de encina y alcornoque es un sistema silvopastoral originado por el aclarado de masas de quercíneas (la superficie a la que aludimos sería mayor si incluimos la dominancia de otras especies como pinos, fresnos, etc...) donde el estrato arbóreo, los pastos herbáceos naturales, los cultivos y el ganado interactúan de forma positiva bajo unas determinadas prácticas de gestión (Joffre et al., 1999).

Es característica la presencia de dosel abierto de árboles, principalmente dominado por quercíneas mediterráneas - principalmente *Quercus ilex*, *subsp rotundifolia* y *Quercus suber* L.,- pero también en algunos casos *Q. pirenaica*, *Q faginea* Lam.), fresnos (*Fraxinus angustifolia* Vahl), y olivos silvestres o acebuches (*Olea europea* L.). Bajo la copa, encontramos plantas anuales de invierno y en menor extensión, pequeños arbustos perennes. Las dehesas se utilizan para la cría de ganado (ovejas, cerdos y vacas) y cereales cultivados en rotaciones largas. Los árboles tienen un valor directo como forraje, provisionando bellotas y ramas con hojas en otoño e invierno, cuando la producción herbácea es baja. Del mismo modo presentan un valor indirecto como refugio para el frío en invierno y el calor en verano (Martín et al., 2006).

Para todo ello, los árboles son plantados, manejados y regularmente podados con el objetivo de maximizar la producción de bellotas (Rupérez, 1957). A pesar de que la agricultura moderna es considerada directamente responsable de la extinción de plantas, insectos y pájaros en Europa, las dehesas tienen una gran diversidad tanto a escala intra-hábitat como inter-hábitat. (Plieninger and Wilbrand, 2001). En la escala intra-hábitat, Marañón (1985) ha reseñado una alta biodiversidad de especies herbáceas (135 especies en 0,1 ha.), lo cual es acentuado por la heterogeneidad del hábitat formado por la presencia de árboles diseminados y aislados, afloramientos rocosos y pisadas de animales. En la escala inter-hábitat, la elevada diversidad proviene de la variedad del pastoreo, tipos de dehesas cultivadas (Díaz et al., 1997) y diferencias en la composición botánica de la capa herbácea (Leiva et al., 1997). El mosaico de los hábitats ayuda a la diversidad de animales asociados. Existe una especie de pájaros considerada en peligro de extinción, nueve vulnerables y tres especies excepcionales cuya población depende de las dehesas (Tucker and Evans, 1997). Entre seis y siete millones de palomas torcaces (*Columba palumbus*), 60000-70000 grullas (*Grus grus*) y un gran número de passeriformes dependen de las dehesas como hábitat de invierno (Tellería, 1988). Por esta razón, las dehesas son consideradas un modelo de agricultura sostenible, puesto que combinan la explotación con la conservación de hábitats.

2.2. Interacciones en sistemas silvopastorales

2.2.1. Interacción árbol-suelo

Los árboles modifican el contenido en nutrientes de los suelos bajo sus copas a través de la deposición de hojarasca y lixiviado, así como indirectamente mediante la actividad de los animales (De Schrijver et al., 2007; Escudero et al., 1985; Rodá et al., 1999).

En las dehesas, el árbol es considerado como un precursor de la fertilidad al bombear nutrientes desde estratos profundos y ponerlos a disposición de la vegetación herbácea. De este modo, su presencia añade a la heterogeneidad edáfica vertical una heterogeneidad edáfica horizontal y temporal. Ello es debido a que el árbol adulto mejora las condiciones del suelo a partir de los aportes procedentes de su biomasa aérea y los nutrientes de sus tejidos lavados por la lluvia (Gea Izquierdo et al., 2007).

Además del aumento en la concentración de nutrientes del suelo, mediante el sistema de raíces bajo y alrededor del árbol, se incrementa la infiltración del agua y por tanto, la concentración de agua cerca de un árbol dado, especialmente en ambientes secos (Manning et al., 2006).

El efecto de la presencia de árboles aislados en los nutrientes del suelo ha atraído la atención de los investigadores. Por ejemplo, Zinke et al. (1962) demostró como el efecto de un árbol sobre los nutrientes del suelo era proporcional al tamaño de su copa.

Este efecto ha sido frecuentemente observado en ecosistemas áridos y semi-áridos, donde los árboles se encuentran aislados dentro de una matriz herbácea, y generalmente consiste en un incremento bajo la copa del contenido de materia orgánica, agua y nutrientes (Moderlet et al., 1993; Breman and Kessler, 1995). Dichas condiciones deberían de resultar normalmente en un incremento de la producción primaria de las plantas que viven bajo la copa, o en un cambio en la composición de la comunidad de plantas. Sin embargo, este efecto no siempre ha sido observado. Esto se puede deber en parte, a la disminución de la luz bajo los árboles (principal recurso que puede limitar el

crecimiento de las plantas) o a la competición por los nutrientes y el agua entre el árbol y la comunidad herbácea (Scholes and Archer, 1997).

2.2.2. Interacción árbol-pasto

Sabemos ya que la presencia del árbol modifica las condiciones microclimáticas bajo la copa: insolación, humedad y nutrientes principalmente.

Debido a que las comunidades pascícolas presentan una gran diversidad y especialización adaptándose a los diferentes nichos ecológicos presentes, la composición del estrato herbáceo varía (Gea Izquierdo et al., 2007).

Las encinas afectan a la composición de especies, la diversidad y la biomasa de las comunidades herbáceas bajo la copa, en comparación con aquellas en zonas abiertas (Marañón, 2009).

Las encinas pueden crear diferentes micro-ambientes que pueden afectar positiva o negativamente a las comunidades herbáceas de debajo de las copas. En un estudio llevado a cabo por González-Bernáldez et al. (1969) se listaban ocho factores que afectan a la comunidad herbácea: intercepción de la radiación solar, precipitaciones y viento, competición, aporte de sustancias orgánicas, humificación y mineralización de los desechos, movilización catiónica desde las capas del suelo más profundas y atracción de los animales, lo cual permite acumular productos de otras partes del ecosistema (Marañón, 2009).

2.2.3. Interacción árbol-ganado

En el trabajo De Miguel et al. (2013) se remarca el importante papel que los árboles tienen en la composición del pasto al relacionarlo directamente con el comportamiento del ganado. En su análisis se señala como el efecto más claro que las encinas tienen como individuo está relacionado con el comportamiento animal al buscar sombra o descansar bajo su copa. Este hecho supone un gran aporte de materia orgánica a la zona debido a los excrementos así como un importante papel en la dispersión de semillas (Ryrie and Prentice, 2011).

2.3. Objetivos

A pesar de que la cobertura arbórea se considera un factor muy relevante a la hora de explicar la variación florística, la topografía y el uso de la finca tienen un efecto mayor sobre la riqueza herbácea. A pesar de ello, el efecto que el árbol puede tener a una menor escala sí que puede relacionarse directamente con diferencias en la composición florística, y en concreto, se podría relacionar estrechamente con las actuaciones del ganado. Parcelas situadas bajo la copa y en el pasto abierto muestran diferencias en el aporte de hojarasca y otros restos orgánicos, lo cual junto con el efecto de la sombra puede influir en la disponibilidad de agua y nutrientes, lo cual tiene un efecto final y directo en la composición del pasto asociado (De Miguel et al., 2013).

Dichos resultados indican que el papel que juegan los árboles en el manejo de este tipo de ecosistemas debe ser analizado a dos escalas espaciales complementarias: el efecto general que la cobertura arbórea tiene como factor actuando a escala paisaje y el efecto específico que algunos árboles tienen a una escala más individual y detallada (De Miguel et al., 2013).

El objetivo principal de este estudio es examinar la influencia de la cobertura arbórea y plantas leñosas en la riqueza de especies herbáceas a nivel paisaje. La hipótesis inicial, consiste en esperar un incremento de la riqueza herbácea en aquellos pastos asociados a encinas, favorecida por los factores arriba mencionados atribuibles a la influencia del arbolado.

Se espera que en las zonas donde la cobertura de encinas y plantas leñosas sea mayor, se presente una mayor riqueza de especies herbáceas en sus pastizales asociados.

Además de dicho factor, se entiende que otros factores como la geomorfología y el manejo histórico de la finca tienen una gran influencia en la composición y por tanto en la diversidad del manto herbáceo, por lo que se relacionarán ambos aspectos en el estudio.

3. Materiales y métodos

3.1. Área de estudio

El trabajo se realizó en la dehesa Castillo de Viñuelas, Madrid, España (40° 36'N", -3° 38'W). Tiene una superficie de 3000 ha y forma parte del Monte del Pardo. Éste área era una zona de caza real en el siglo XIV, y desde entonces ha sido sometida a diferentes presiones de pastoreo. Como resultado de su alto valor de conservación, todo el Monte del Pardo se incluyó en el Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares en 1985, aunque los datos que se analizan en el presente trabajo fueron obtenidos un año antes, en el 1984, cuando el estado todavía gestionaba tradicionalmente la finca mediante la siembra de cereales, rotación de cultivos, poda de árboles, caza, y ganadería extensiva (Gómez-Gutiérrez, 1992; Olea and San Miguel-Ayanz, 2006; De Miguel et al., 2013). Respecto a esto último, un rebaño de unas 400 vacas de la raza autóctona Avileña-Negra Ibérica se mantuvo en la finca durante todo ese año, moviéndose libremente por toda la zona aunque generalmente evitando las zonas de arbusto denso (Gómez-Sal et al., 1992; De Miguel et al., 1997). La finca está pastada por herbívoros domésticos (vacas, ovejas) y silvestres (conejos, cérvidos) (De Miguel, 1988).

Actualmente el manejo de la finca todavía implica prácticas silvopastorales, a pesar de que hoy en día está principalmente orientada a la educación ambiental y otros objetivos recreativos debido a la proximidad del área a la ciudad de Madrid (De Miguel et al., 2013).

Situado a una altitud de 667 m, sobre depósitos arkósicos de naturaleza ácida, tiene un clima mediterráneo semiárido, con una temperatura media anual de 14,6 °C y una precipitación media anual de 436 mm (período 1971-2000) (AEMET). El pasto se compone mayoritariamente de especies anuales y su diversidad de especies se aproxima a 5 bits. Su producción primaria neta aérea es menor de 400g/m²/año, con una tasa alta de renovación.



Figura 1: Localización del área de estudio en Madrid, concretamente señalada toda la finca Soto de Viñuelas



Figura 2: Dehesa Soto de Viñuelas en época seca, mes de Julio. Gómez-Sal, Antonio.



Figura 3: Dehesa extremeña, zona Montfrague. Se observa la relación existente entre el arbolado y el ganado. Gómez-Sal, Antonio.

3.2. Muestreo

Los efectos de la influencia de la cobertura arbórea fueron evaluados mediante el índice de riqueza específica (S), suma del total de especies herbáceas diferentes.

Se seleccionaron 141 puntos correspondientes a encinas (Figura 4), de los cuales ya se tenía un inventario de la composición del pasto (De Miguel, 1988). Para cada uno de ellos se cuenta con datos de composición bajo la copa.

Los datos se extrajeron de una base de datos histórica sobre las características de la vegetación y el comportamiento animal de un estudio llevado a cabo por el Departamento de Ecología de la Universidad Complutense de Madrid entre los años 1970-1980. A partir de esta base de datos, se han publicado diferentes investigaciones sobre varios aspectos relacionados con la estructura y el funcionamiento de las comunidades de plantas y su relación con la actividad del ganado, lo cual convierte al Soto de Viñuelas en una de las dehesas mejor documentadas de España (Casado et al., 1985; Peco, 1989; Pineda and Montalvo, 1995; De Miguel et al., 1997).

Además, se realiza un muestreo sobre la foto aérea ortorectificada del año 1991 de la estructura espacial de la cobertura leñosa en los 141 puntos de muestreo, con una referencia circular de 50 metros en torno a la encina. Para cada círculo, se realizó un muestreo semiautomático de la cobertura mediante el programa ArcGis 10, una vez delimitado el perímetro de cada uno de los árboles presentes.

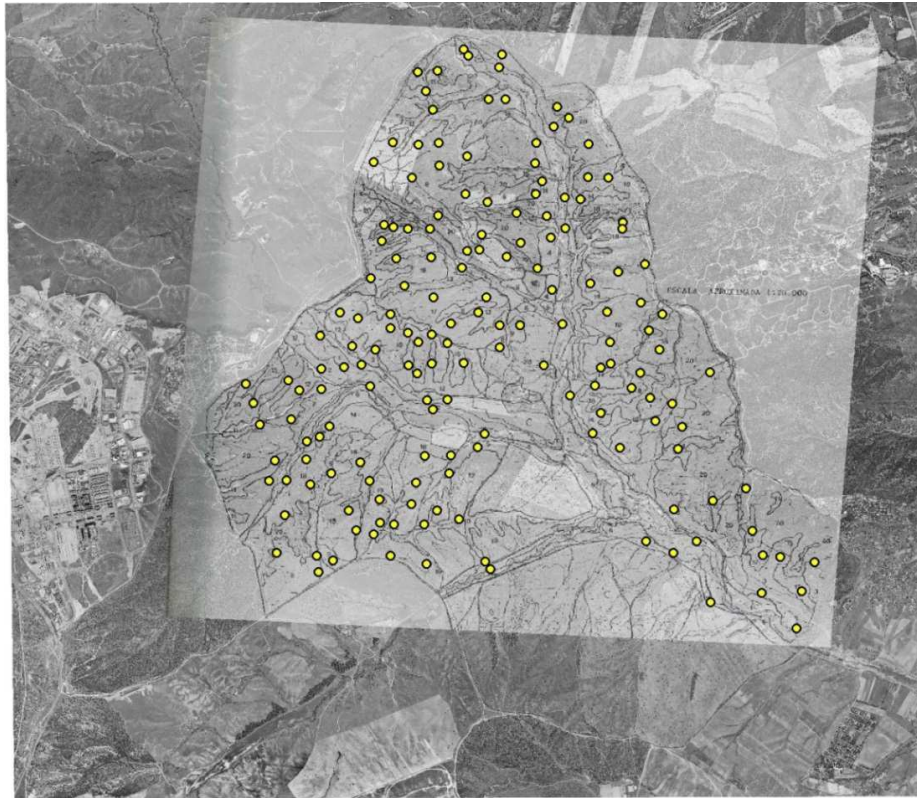


Figura 4: Mapa ortorectificado con los puntos de muestreo georreferenciados a partir del mapa original de la finca. La primera capa es la ortofoto de 1991, en la cual se encuentra superpuesto el mapa del estudio original de De Miguel, 1988. Se escogió la ortofoto adecuada al año de la base de datos inicial (1984).

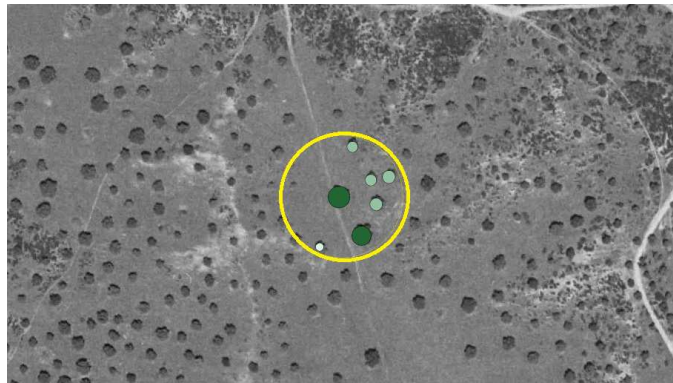


Figura 5: Vista aérea de uno de los 141 círculos de influencia con sus encinas dibujadas y sombreadas según tamaño.

Con la misma referencia de foto aérea y círculo, se distinguieron los tipos de matorral y arbolado, agrupando las variables en dos matrices que permitirán analizar la estructura horizontal y vertical de la vegetación leñosa respectivamente. Las clases que se consideran en el primer muestreo son matorral continuo, matorral discontinuo, pastizal con manchas, pastizal limpio, zonas erosionadas o caminos y cobertura arbórea. Las variables de la segunda matriz son número de árboles total, número de árboles pequeños ($6,6-55,2m^2$), número de árboles medianos ($55,3-99,9m^2$), número de árboles grandes ($100-175,4m^2$), número de árboles muy grandes ($175,5-406,2m^2$), y cobertura arbórea. El gran tamaño de las encinas “muy grandes” se explica, no sólo por la capacidad de estos árboles de alcanzar grandes tamaños, sino por deformaciones que se han podido arrastrar en la ortofoto al georreferenciarla para el muestreo. La distribución de las clases de tamaño consiste en “natural breaks” (Jenks), y se puede apreciar como en el tamaño grande y muy grande, aparece un número mucho más reducido de encinas que en el caso de las pequeñas y medianas.

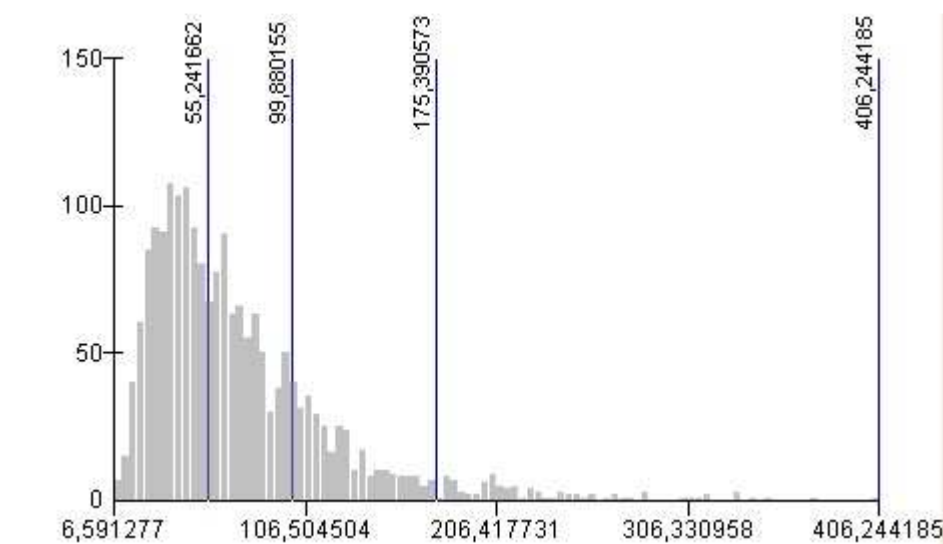


Figura 6: Distribución del tamaño de las encinas: Natural breaks (Jenks) 4 clases

3.3. Análisis de datos

La riqueza de especies sólo tuvo en cuenta las herbáceas, por lo que al eliminar algunas leñosas de la base de datos inicial, en algunos inventarios obtuvimos valor 0. Para corregir esto, se trabajó con la variable dependiente riqueza+1.

Se comprobó la normalidad de dicha variable mediante el test Kolmogorov-Smirnov.

Inicialmente se utilizó el índice no-paramétrico Spearman para explorar qué variables afectan y cómo a la riqueza, así como su relación entre ellas.

Con los datos muestreados se realizó una regresión lineal múltiple por pasos, con el objetivo de determinar las variables que mejor definen y por tanto afectan a la riqueza.

Puesto que nuestra hipótesis se centra en analizar la influencia del arbolado, se analizan de forma separada las variables Número de árboles y Cobertura arbórea con respecto a la riqueza. Buscamos el modelo matemático que mejor las relaciona de forma que podamos entender su influencia.

En el caso de Número de árboles, al no presentar una distribución normal, ajustamos intervalos (0-6; 7-11; 12-15; 16+) para facilitar el análisis y la interpretación.

Con el objetivo de caracterizar la dehesa, se hace un análisis de clasificación cluster K-medias en ambas matrices, obteniéndose con ello diferentes clases que responden a la estructura horizontal y vertical de la dehesa. Con dichas clases, se realiza un análisis ANOVA con la riqueza+1 como variable dependiente.

En el caso del análisis de clasificación de la estructura vertical, se decide no incluir la variable Número de árboles debido a su redundancia y al resultado obtenido en su análisis previo e independiente.

Tras este primer análisis, se cruzan en una tabla de contingencia las clases obtenidas con el objetivo de identificar y clasificar aquellas clases donde se concentran

un mayor número de inventarios. De esta forma obtenemos unas clases finales las cuales permiten caracterizar la influencia combinada de la estructura vertical y horizontal. Se realizó de nuevo el análisis ANOVA de un factor con las nuevas clases.

Asumiendo que en el ecosistema de la dehesa existen otros muchos factores determinantes, se entiende necesario analizar los resultados, según características de geomorfología y uso humano, teniendo en cuenta la fecha de última roturación a la que fue sometida el área donde se encuentra la encina de referencia. Para ello se realiza un análisis Chi cuadrado a dichas variables contenidas en la base de datos, y todas clases obtenidas hasta el momento.

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete estadístico SPSS Statistics 20.

4. Resultados

4.1. Análisis correlaciones Spearman

Riqueza+1

Para entender el comportamiento de las variables frente a la riqueza se utilizó el índice Spearman a modo exploratorio. De dicho análisis observamos cómo se producen relaciones significativas que se mantienen durante todo el estudio entre la riqueza y el matorral continuo, pastizal limpio, árboles muy grandes y cobertura arbórea, de mayor a menor significación respectivamente. En el caso del matorral continuo observamos una relación negativa del -0,304, lo que significa que en aquellas áreas de influencia donde el matorral continuo es el predominante, la riqueza de especies herbáceas disminuye notablemente. Por el contrario, se encuentran relaciones significativamente positivas en el caso del pastizal limpio: +0,322, árboles muy grandes: +0,221, y cobertura arbórea: +0,169.

Correlaciones entre variables

Respecto a la correlación que existe entre las propias variables vemos como el matorral continuo presenta una correlación significativa y negativa con la cobertura

arbórea, árboles grandes y muy grandes. El matorral discontinuo tiene una correlación significativa positiva con los árboles pequeños y muy grandes. El pastizal limpio presenta una correlación significativa negativa con árboles pequeños, y positiva con grandes y muy grandes. El pastizal con manchas y las zonas erosionadas y caminos no presenta correlaciones significativas. La cobertura arbórea presenta relación positiva con árboles medianos, grandes y muy grandes.

	MatCont	MatDiscont	PastManchas	PastLimpio	Cam/erosion	CobArb	NArb	npequeños	nmedianos	ngrandes	nmuygrandes	riqueza+1
MatCont		-.209*	.112	-.452**	.349**	-.234**	.004	.176*	.022	-.249**	-.274**	-.304**
MatDiscont	-.209*		-.233**	-.230**	.047	-.087	.172*	.271**	.048	-.197*	-.243**	-.047
PastManchas	.112	-.233**		-.439**	-.112	.018	.062	.081	.038	-.031	-.027	.017
PastLimpio	-.452**	-.230**	-.439**		-.225**	.164	-.198*	-.377**	-.117	.286**	.388**	.298**
Cam/erosion	.349**	.047	.112	-.225**		-.040	.044	.062	.072	-.106	-.162	-.034
CobArb	-.234**	-.087	.018	.164	-.040		.623**	.144	.503**	.513**	.314**	.169*
NArb	.004	.172*	.062	-.198*	.044	.623**		.792**	.528**	.066	-.295**	-.031
npequeños	.176*	.271**	.081	-.377**	.062	.144	.792**		.172*	-.328**	-.444**	-.119
nmedianos	.022	.048	.038	-.117	.072	.503**	.528**	.172*		.161	-.295**	-.024
ngrandes	-.249**	-.197*	-.031	.286**	-.106	.513**	.066	-.328**	.161		.129	.134
nmuygrandes	-.274**	-.243**	-.027	.388**	-.162	.314**	-.295**	-.444**	-.295**	.129		.221**
riqueza+1	-.304**	-.047	.017	.298**	-.034	.169*	-.031	-.119	-.024	.134	.221**	

Tabla 1: Correlaciones Spearman

*. La correlación es significativa al nivel de 0.05

**. La correlación es significativa al nivel de 0.01

4.2. Regresión lineal múltiple

El 11,11% de la variabilidad de la “riqueza+1” viene explicada por las variables nmuygrandes, ngrandes, PastLimpio, npequeños, cobArb, nmedianos, mediante la recta de regresión lineal con una R cuadrado de 0,15 y una significación de 0,01 :

$$\text{Riqueza} = 5,982 + 0,041 \cdot \text{PastLimpio} + 1,460 \cdot \text{cobArb} - 0,551 \cdot \text{npequeños} - 1,347 \cdot \text{nmedianos} - 2,304 \cdot \text{ngrandes} - 4,267 \cdot \text{nmuygrandes}$$

A pesar de ser el modelo que mejor explica la riqueza, no se puede considerar correcto el utilizarlo puesto que las variables cobArb, npequeños, nmedianos, ngrandes y nmuygrandes, están muy correlacionadas.

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	5,982	1,041	5,749	,000
	PastLimpio	,041	,012	,305	,001
	CobArb	1,460	,501	1,461	,004
	npequeños	-,551	,211	-,637	,010
	nmedianos	-1,347	,512	-,838	,009
	ngrandes	-2,304	,804	-,904	,005
	nmuygrandes	-4,267	1,638	-,940	,010

Tabla 2: Variables que mejor explican la variable riqueza+1 según la regresión lineal

4.3. Cobertura arbórea

Tras los resultados favorables correspondientes al análisis Spearman, comprobamos la relación que existe entre la riqueza y la cobertura arbórea, viendo la afinidad que existe entre ambas según diferentes modelos matemáticos. (Tabla 3)

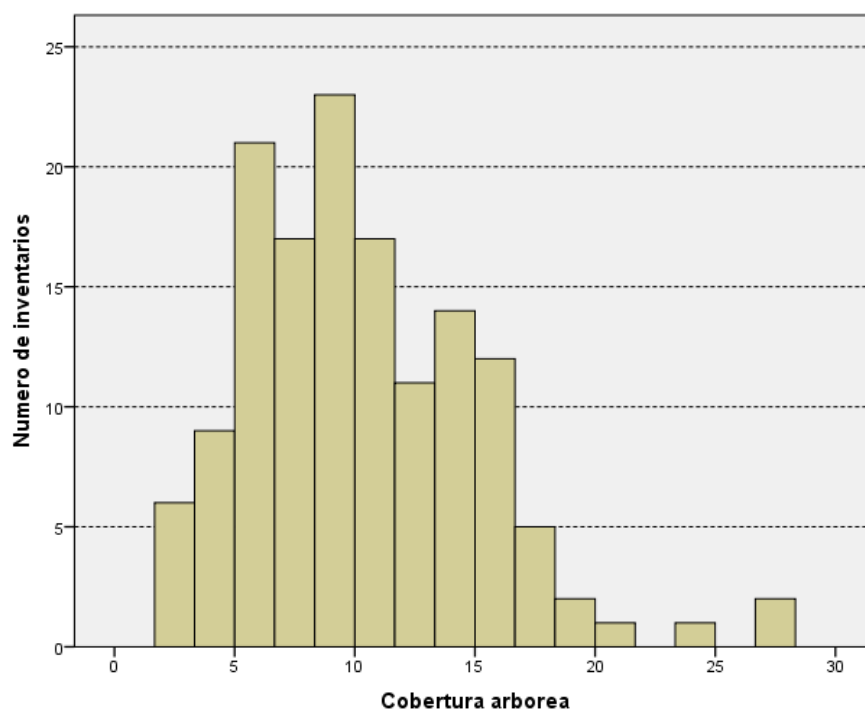


Figura 7: Histograma de la distribución del porcentaje de cobertura según el número de inventarios

Ecuación	Model Summary					Parameter Estimates			
	R Cuadrado	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
Lineal	.021	3.045	1	139	.083	6.913	.146		
Logarítmica	.024	3.346	1	139	.070	5.205	1.451		
Inversa	.013	1.872	1	139	.173	9.289	-6.945		
Cuadrática	.033	2.334	2	138	.101	5.150	.495	-.014	
Cúbica	.040	1.915	3	137	.130	7.681	-.290	.052	-.002
Compuesta	.038	5.538	1	139	.020	4.788	1.033		
Potencia	.042	6.167	1	139	.014	3.282	.319		
S	.029	4.116	1	139	.044	2.105	-1.672		
Growth	.038	5.538	1	139	.020	1.566	.032		
Exponencial	.038	5.538	1	139	.020	4.788	.032		
Logística	.038	5.538	1	139	.020	.209	.968		

Tabla 3: Ajuste de modelos matemáticos a la riqueza y cobertura arbórea.

El modelo que mejor se ajusta es el obtenido por la potencia (Tabla 3), siendo la ecuación modelo:

$$\text{Riqueza} = 3,28 \cdot \text{Cobertura arbórea}^{0,319}$$

La riqueza se ve afectada positivamente por la cobertura arbórea, de forma que conforme aumenta la cobertura, mayor es la riqueza herbácea, siendo este aumento más acentuado cuando la densidad arbórea es menor, concretamente entre 0 y 5 (Figura 8).

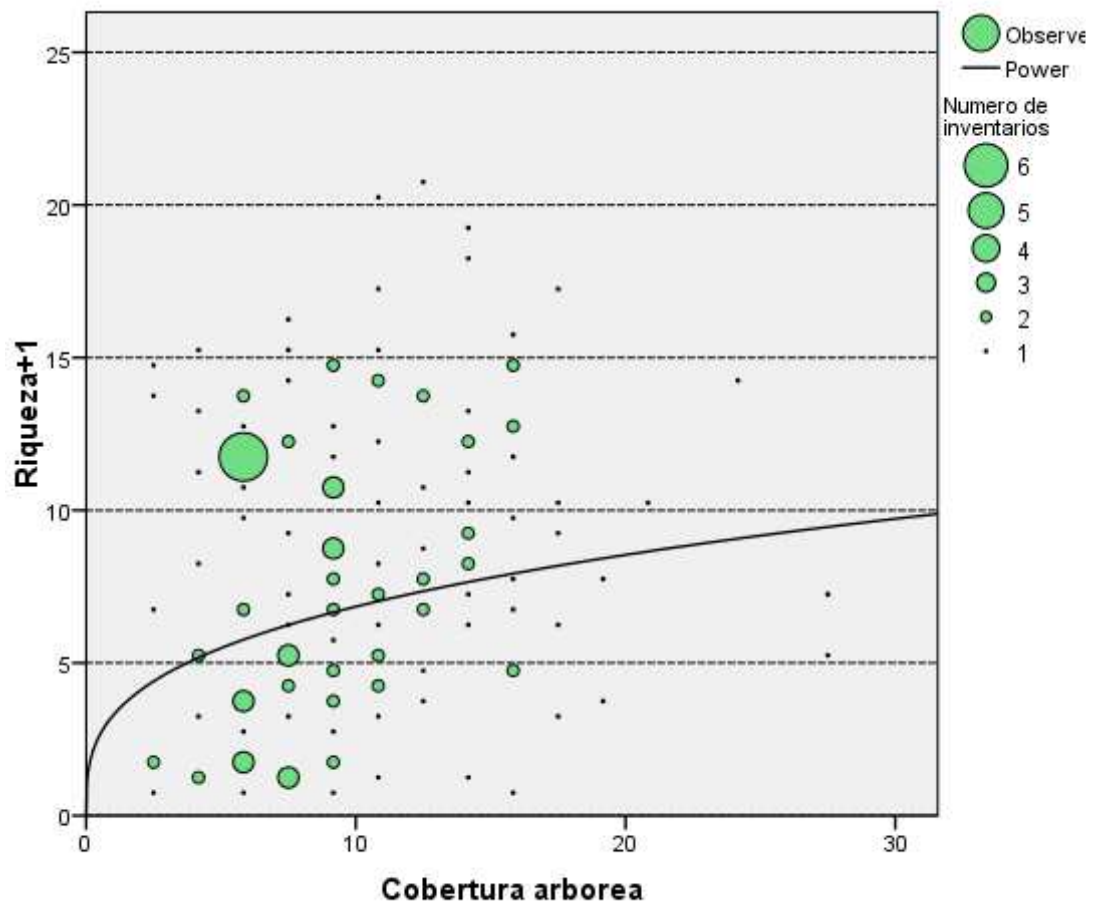


Figura 8: Distribución según el modelo potencia de la cobertura arbórea y la riqueza

4.4. Número de árboles

La variable Número de árboles no parece estar correlacionada con la riqueza. Ninguno de los intervalos responde de forma significativa al análisis ANOVA frente a la riqueza. Los intervalos se solapan en el diagrama de caja, por lo que concluimos que el Número de árboles no está correlacionado con la riqueza.

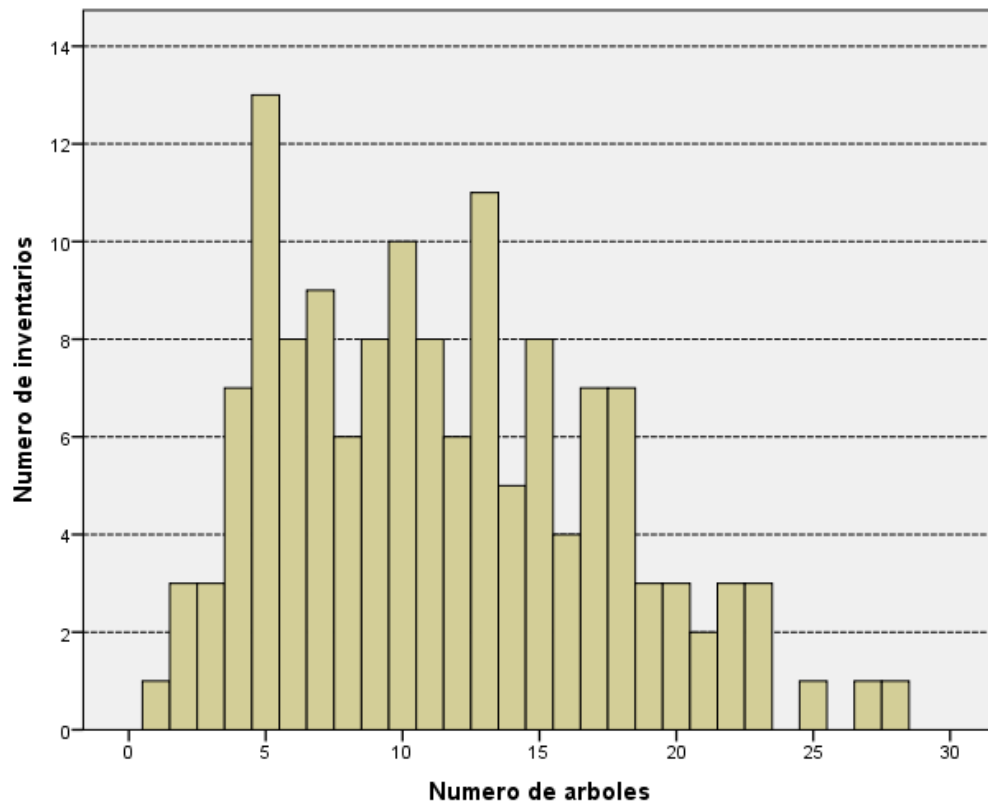


Figura 9: Distribución del número de árboles según el número de inventarios

	Número de inventarios	%
Número pequeño (0 - 6)	35	24.8
pequeño mediano (7- 11)	41	29.1
mediano grande (12 - 15)	30	21.3
Número grande (16 +)	35	24.8
Total	141	100.0

Tabla 4: Intervalos creados para el análisis de la variable Número de árboles

		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
(I) tree_nq	(J) tree_nq				Lower Bound	Upper Bound
Número pequeño	pequeño mediano	1.049	1.110	.781	-1.84	3.94
	mediano grande	1.333	1.200	.683	-1.79	4.45
	Número grande	.000	1.153	1.000	-3.00	3.00
pequeño mediano	Número pequeño	-1.049	1.110	.781	-3.94	1.84
	mediano grande	.285	1.159	.995	-2.73	3.30
	Número grande	-1.049	1.110	.781	-3.94	1.84
mediano grande	Número pequeño	-1.333	1.200	.683	-4.45	1.79
	pequeño mediano	-.285	1.159	.995	-3.30	2.73
	Número grande	-1.333	1.200	.683	-4.45	1.79
Número grande	Número pequeño	.000	1.153	1.000	-3.00	3.00
	pequeño mediano	1.049	1.110	.781	-1.84	3.94
	mediano grande	1.333	1.200	.683	-1.79	4.45

Tabla 5: Relaciones entre intervalos donde se muestra la ausencia de significación de esta variable. Prueba Tuckey.

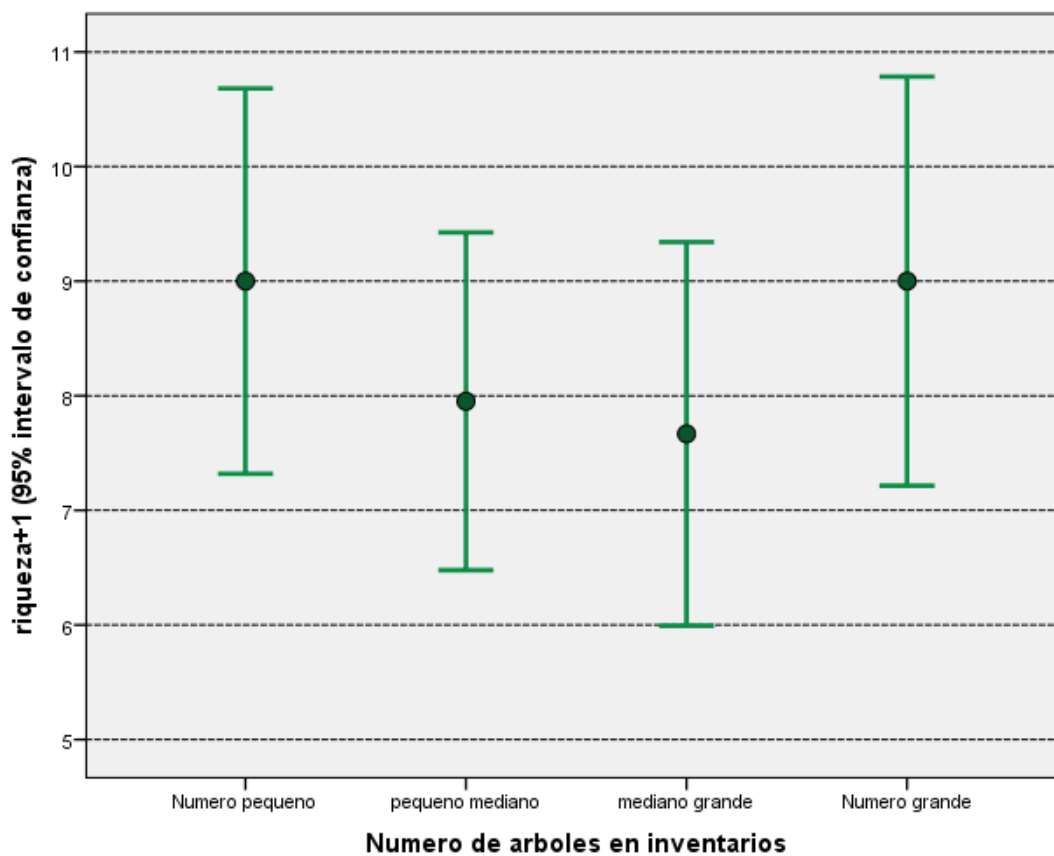


Figura 10: Diagrama de caja de los intervalos de la variable Número de árboles. Se muestra como no existe diferencia respecto al tamaño de los árboles.

4.5. Análisis clasificación

4.5.1. Clustering estructura horizontal

Las clases obtenidas se pueden diferenciar entre ellas viendo la variable más representativa y caracterizándose en función a ella:

La clase 1 se encuentra principalmente formada por Matorral Discontinuo y cobertura media. La clase 2 está formada por Pastizal limpio y cobertura media. La clase 3 está formada por Matorral Continuo y poca cobertura. La clase 4 está formada por Pastizal Manchas y cobertura media.

	Conglomerado			
	1	2	3	4
MatCont	,3	,1	64,2	,0
MatDiscont	50,5	1,3	,1	,9
PastManchas	,0	,3	3,6	69,4
PastLimpio	4,3	72,4	,3	1,9
cam/erosion	1,9	1,2	2,3	1,1
cobArb	9,4	11,1	7,7	11,2

Tabla 6: Centro de los cluster finales de la estructura horizontal

Las variables caminos o zonas erosionadas y cobertura arbórea no son representativas

El análisis de ANOVA muestra diferencias significativas entre los valores de riqueza en cada uno de los cuatro tipos de pastizales bajo las encinas. En cualquier caso, los pastizales bajo encinas del tipo 2 son las que mantienen los mayores valores medios de riqueza frente a los pastizales bajo las encinas del tipo 3 , que registran los valores medios más bajos. Del mismo modo vemos en el diagrama de caja sin superponer las clases 2 y 3, lo cual reitera su significación.

(I) Cluster Number of Case	(J) Cluster Number of Case	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-2.151	1.065	.186	-4.92	.62
	3	2.234	1.361	.359	-1.30	5.77
	4	-.707	1.344	.953	-4.20	2.79
2	1	2.151	1.065	.186	-.62	4.92
	3	4.386 [*]	1.138	.001	1.43	7.35
	4	1.444	1.118	.570	-1.46	4.35
3	1	-2.234	1.361	.359	-5.77	1.30
	2	-4.386 [*]	1.138	.001	-7.35	-1.43
	4	-2.942	1.402	.159	-6.59	.71
4	1	.707	1.344	.953	-2.79	4.20
	2	-1.444	1.118	.570	-4.35	1.46
	3	2.942	1.402	.159	-.71	6.59

Tabla 7: Comparaciones múltiples entre clases de la estructura horizontal con la riqueza y su significancia. Prueba Tuckey.

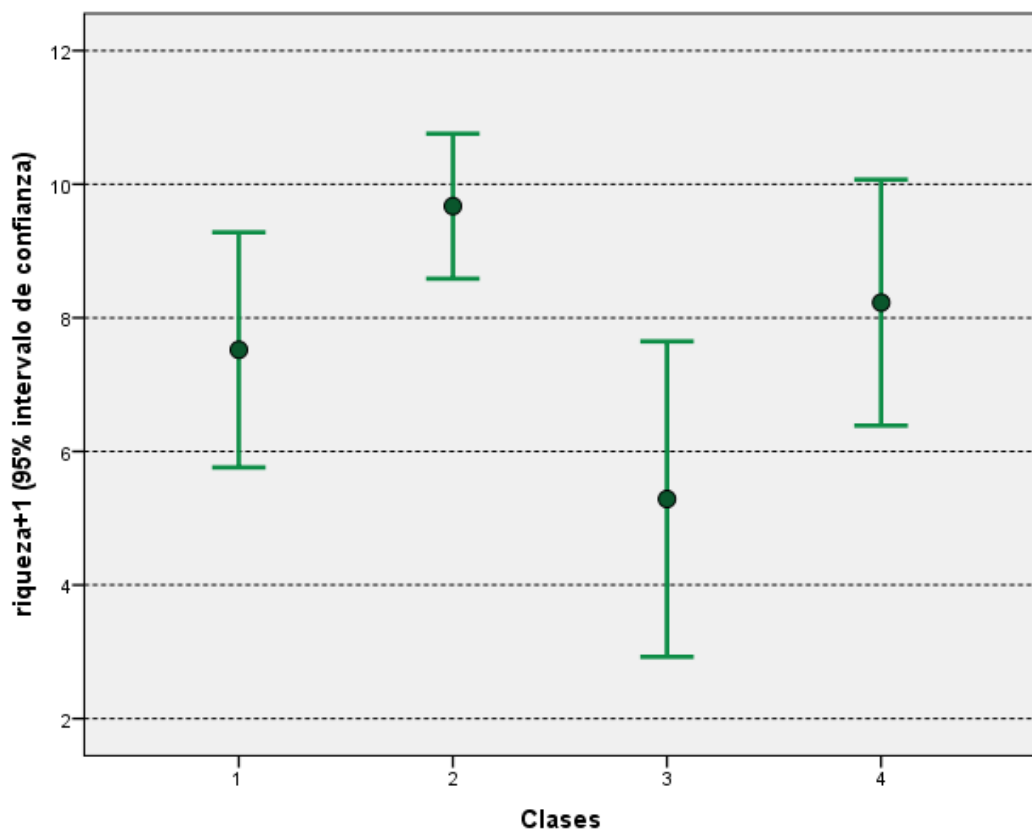


Figura 11: Diagrama de caja clases de la estructura horizontal. Se observa gran diferencia entre la clase 2 y 3.

4.5.2. Clustering estructura vertical

Se consideran “árboles pequeños” los correspondientes a npequeños y nmedianos; “árboles grandes” los correspondientes a ngrandes y nmuygrandes.

La clase 1 se encuentra constituida por una gran cobertura formada por árboles pequeños. La clase 2 por poca cobertura formada por árboles pequeños. La clase 3 está compuesta por una gran cobertura formada por árboles grandes. La clase 4 está formada por poca cobertura de árboles grandes. La clase 5 compuesta por cobertura media formada por árboles pequeños.

	Cluster				
	1	2	3	4	5
CobArb	15	7	18	7	10
Npequeños	6	8	2	1	18
Nmedianos	8	3	4	3	2
Ngrandes	2	1	5	2	0
nmuygrandes	0	0	2	1	0

Tabla 8: Centro de los cluster finales de la estructura vertical

Los resultados del análisis ANOVA no muestran una relación significativa entre las clases y la riqueza (Tabla 9). La mayor diferencia la encontramos entre la clase 1 y 2 (Figura 12), la cual viene dada principalmente por la cobertura arbórea. (Tabla 8)

(I) Cluster Number of Case	(J) Cluster Number of Case	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	3.174	1.238	.083	-.25	6.60
	3	2.635	1.548	.436	-1.64	6.91
	4	1.811	1.098	.469	-1.23	4.85
	5	1.674	1.512	.803	-2.51	5.86
2	1	-3.174	1.238	.083	-6.60	.25
	3	-.538	1.539	.997	-4.79	3.72
	4	-1.363	1.087	.719	-4.37	1.64
	5	-1.500	1.504	.856	-5.66	2.66
3	1	-2.635	1.548	.436	-6.91	1.64
	2	.538	1.539	.997	-3.72	4.79
	4	-.825	1.429	.978	-4.78	3.13
	5	-.962	1.767	.982	-5.85	3.92
4	1	-1.811	1.098	.469	-4.85	1.23
	2	1.363	1.087	.719	-1.64	4.37
	3	.825	1.429	.978	-3.13	4.78
	5	-.137	1.391	1.000	-3.98	3.71
5	1	-1.674	1.512	.803	-5.86	2.51
	2	1.500	1.504	.856	-2.66	5.66
	3	.962	1.767	.982	-3.92	5.85
	4	.137	1.391	1.000	-3.71	3.98

Tabla 9: Comparaciones múltiples entre clases de la estructura vertical con la riqueza y su significancia. Prueba Tuckey.

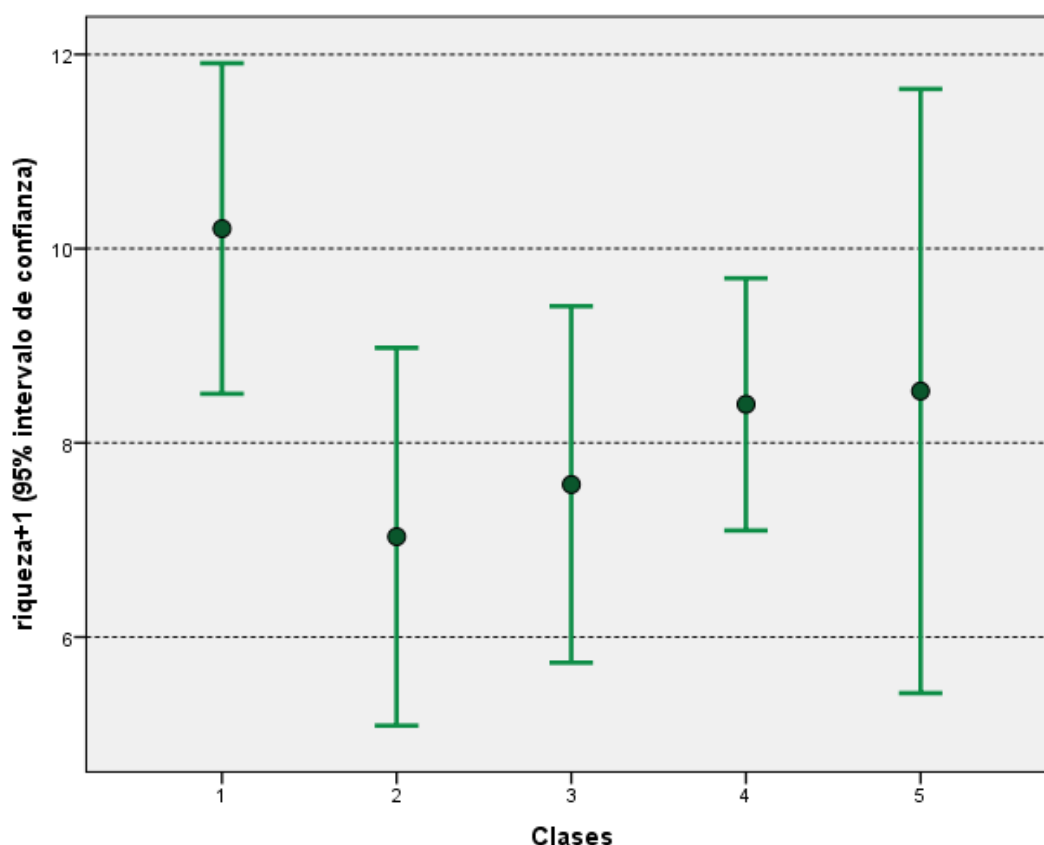


Figura 12: Diagrama de caja clases de la estructura vertical. No existe gran diferencia entre las clases, excepto la clase 1, la cual registra los mayores valores de riqueza.

4.5.3. Clases combinadas

Tras combinar ambos grupos en una tabla de contingencia, seleccionamos las 6 clases que mayor número de casos contienen tras el cruce. De los 141 casos totales, 55 quedan excluidos, y 86 pasan a formar parte de las nuevas clases.

La clase 1 está formada por Pastizal limpio y poca cobertura compuesta por árboles grandes. La clase 2 consiste en Pastizal limpio y mucha cobertura con árboles pequeños. La clase 3 está formada por Matorral discontinuo y poca cobertura constituida por árboles pequeños. La clase 4 está formada por Pastizal limpio y mucha cobertura formada por árboles grandes. La clase 5 consta de Matorral continuo y poca cobertura formada por árboles pequeños. La clase 6 está formada por Matorral continuo y poca cobertura formada por árboles grandes.

		Cluster arboles					Total
		1	2	3	4	5	
Cluster matorrales	1	6	10	1	5	3	25
	2	16	7	10	33	7	73
	3	1	9	1	8	2	21
	4	6	4	2	7	3	22
Total		29	30	14	53	15	141

Tabla 10: Tabla de contingencia cruzando clases de matorral en la zona izquierda y clases árboles en la zona superior.

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	PastLimpio + PocaCob ArbG	33	23.4	38.4	38.4
	PastLimpio + MuchaCob ArbP	16	11.3	18.6	57.0
	DiscontMat + PocaCob ArbP	10	7.1	11.6	68.6
	PastLimpio + MuchaCob ArbG	10	7.1	11.6	80.2
	MatCont + PocaCob ArbP	9	6.4	10.5	90.7
	MatCont + PocaCob ArbG	8	5.7	9.3	100.0
	Total	86	61.0	100.0	
Missing System		55	39.0		
Total		141	100.0		

Tabla 11: Número de casos pertenecientes a cada nueva clase

Tras realizar el análisis ANOVA con la riqueza+1, observamos como existen relaciones significativas importantes. Las clases 1 y 2 son las que mantienen los mayores valores medios de riqueza frente a las clases 5 y 6, que registran los valores medios más bajos.

En el diagrama de caja observamos cómo las clases 1 y 6 son las fuerzas antagónicas que favorecen y disminuyen la riqueza de especies. Entre ellas observamos que la única diferencia radica en el tipo de matorral, pues tienen el mismo tipo de cobertura y tamaño de los árboles. Por ello podemos concluir que el factor que más influye de la cobertura leñosa es el matorral. Por el contrario, el tamaño de los árboles no es determinante ni podemos decir que afecte a la riqueza.

(I) comb_clust	(J) comb_clust	Mean Diff	SE	Sig.
PastLimpio + PocaCob ArbG	PastLimpio + MuchaCob ArbP	.322	1.320	1.000
	DiscontMat + PocaCob ArbP	2.497	1.564	.603
	PastLimpio + MuchaCob ArbG	2.697	1.564	.520
	MatCont + PocaCob ArbP	5.253 [*]	1.629	.022
	MatCont + PocaCob ArbG	7.947 [*]	1.708	.000
PastLimpio + MuchaCob ArbP	PastLimpio + PocaCob ArbG	-.322	1.320	1.000
	DiscontMat + PocaCob ArbP	2.175	1.747	.813
	PastLimpio + MuchaCob ArbG	2.375	1.747	.751
	MatCont + PocaCob ArbP	4.931	1.805	.080
	MatCont + PocaCob ArbG	7.625 [*]	1.876	.002
DiscontMat + PocaCob ArbP	PastLimpio + PocaCob ArbG	-2.497	1.564	.603
	PastLimpio + MuchaCob ArbP	-2.175	1.747	.813
	PastLimpio + MuchaCob ArbG	.200	1.938	1.000
	MatCont + PocaCob ArbP	2.756	1.991	.736
	MatCont + PocaCob ArbG	5.450	2.055	.097
PastLimpio + MuchaCob ArbG	PastLimpio + PocaCob ArbG	-2.697	1.564	.520
	PastLimpio + MuchaCob ArbP	-2.375	1.747	.751
	DiscontMat + PocaCob ArbP	-.200	1.938	1.000
	MatCont + PocaCob ArbP	2.556	1.991	.793
	MatCont + PocaCob ArbG	5.250	2.055	.121
MatCont + PocaCob ArbP	PastLimpio + PocaCob ArbG	-5.253 [*]	1.629	.022
	PastLimpio + MuchaCob ArbP	-4.931	1.805	.080
	DiscontMat + PocaCob ArbP	-2.756	1.991	.736
	PastLimpio + MuchaCob ArbG	-2.556	1.991	.793
	MatCont + PocaCob ArbG	2.694	2.105	.795
MatCont + PocaCob ArbG	PastLimpio + PocaCob ArbG	-7.947 [*]	1.708	.000
	PastLimpio + MuchaCob ArbP	-7.625 [*]	1.876	.002
	DiscontMat + PocaCob ArbP	-5.450	2.055	.097
	PastLimpio + MuchaCob ArbG	-5.250	2.055	.121
	MatCont + PocaCob ArbP	-2.694	2.105	.795

Tabla 12: Comparaciones múltiples entre clases combinadas con la riqueza y su significancia. Prueba Tuckey. ANOVA

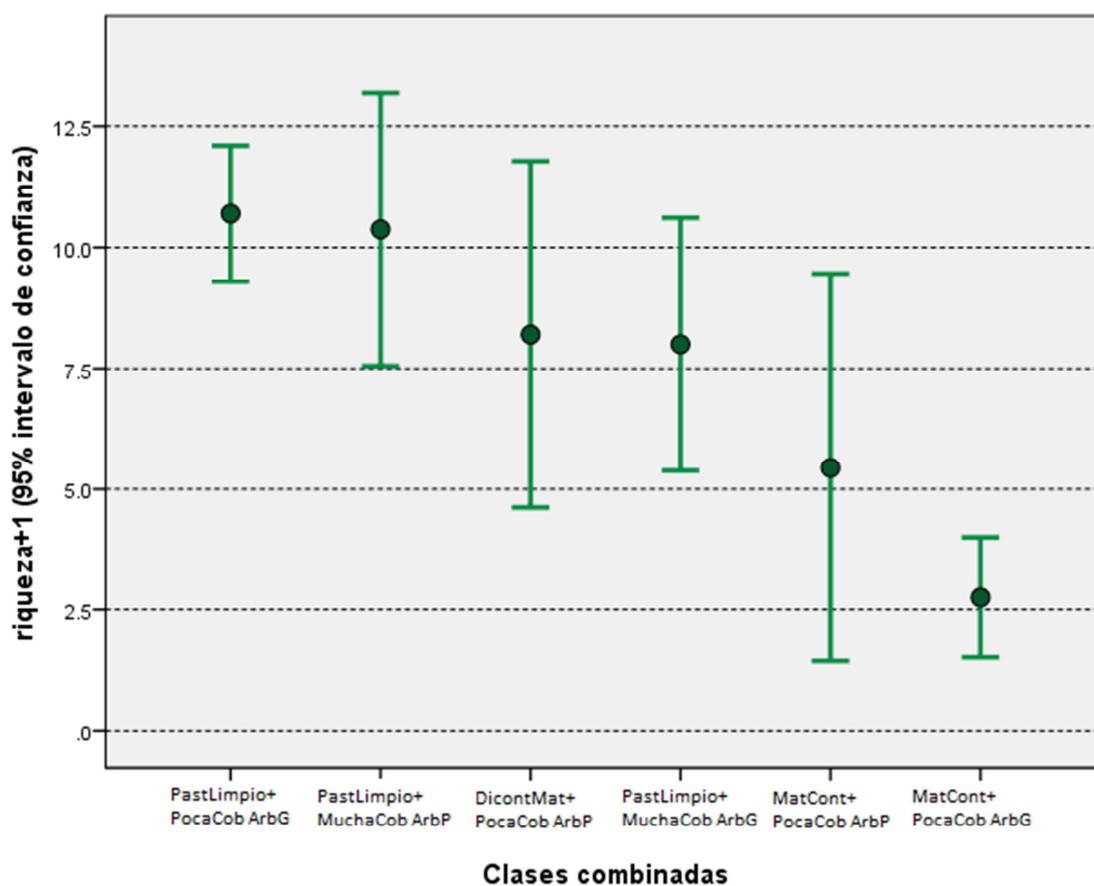


Figura 13: Diagrama de caja clases combinadas

4.6. Caracterización variables geomorfología y uso humano

4.6.1. Clases estructura horizontal

Tras realizar la prueba Chi cuadrado combinando las clases referentes a la estructura horizontal con la geomorfología se obtiene que la clase del tipo 1 presentan una asociación positiva con la variable “media vertiente” y negativa con “terrazza superior”. La clase del tipo 2 presenta una asociación positiva con “terrazza superior” y negativa con “media vertiente” y “depresión aluvial estrecha”. La clase del tipo 3 presenta una asociación positiva con “depresión aluvial estrecha” y negativa con “terrazza superior”. La clase del tipo 4 presenta una asociación positiva con “media vertiente”.

Al combinarlas con la fecha de la última roturación se obtiene que la clase del tipo 1 presenta una asociación positiva con la variable “1957-1974 Dos veces” y negativa con “Nunca o en más de 30 años”. La clase del tipo 2 presenta una asociación negativa con la variable “1978-1979”, la clase del tipo 3 con “1975-1977”, y la clase del tipo 4 con “Nunca o en más de 30 años”.

4.6.2. Clases estructura vertical

Al realizar la prueba Chi cuadrado con las clases de la estructura vertical no se han producido asociaciones significativas con ninguna de las variables en la mayoría de los casos. Respecto a la geomorfología, la clase del tipo 1 presenta una asociación positiva con la variable “media vertiente” y negativa con “alta plana. La clase del tipo 3 presenta una asociación positiva con la variable “alta vertiente ondulado” y la clase del tipo 4 una asociación positiva con “alta plana”.

Respecto a la fecha de la última roturación sólo la clase del tipo 1 presenta una asociación positiva con la variable “1992”.

4.6.3. Clases combinadas

Respecto a la geomorfología, la clase del tipo 1 presenta una asociación positiva con la variable “alta plana” (Sig. .013) y “depresión aluvial ancha” (Sig. .004). La clase de tipo 2 presenta una asociación negativa con “alta plana”. La clase del tipo 5 presenta una asociación positiva con “alta relieve ondulado”

Tan sólo la clase del tipo 6 presenta una asociación significativa respecto a la roturación, siendo una asociación positiva con la variable “1981”.

5. Discusión:

5.1. Estructura de la dehesa:

La mayoría de la dehesa estudiada tiene una estructura compuesta por pastizal limpio con poca cobertura arbórea y árboles grandes ($99,9-406,2m^2$). Este tipo se encuentra en zonas alta planas y presenta la mayor riqueza de especies herbáceas. Si no encontramos este tipo de cobertura, el segundo tipo de estructura dominante en la dehesa estaría constituido por pastizal limpio con mucha cobertura arbórea de árboles pequeños ($6,6-99,9m^2$).

La variable cobertura arbórea es regular en las todas las clases (Tabla 6), lo que indica que la dehesa es una estructura construida, una capa uniforme y bastante uniforme en todas las clases de árboles de más o menos el 10% cobertura que se superpone a toda la finca.

Es sabido que la dehesa es un paisaje manejado por el hombre y por tanto se pretende establecer regular. En un estudio llevado acabo por Plieninger et al. (2003) se demuestra como en una dehesa de Cáceres ni los juveniles, ni los jóvenes ni los maduros estaban distribuidos de forma aleatoria. Los árboles juveniles y jóvenes mostraron un patrón de mayor agrupación, en contraste con los árboles más maduros que se encuentran más dispersos. Además del factor humano, intervienen muchos otros factores como la geomorfología o el manejo de los herbívoros, lo cual influye en dicha regularidad, dotándola de un carácter más desigual.

Es la acción de los animales, considerados como vectores activos de explotación y de transporte de materiales, junto a las transferencias físicas derivadas de la gravedad, lo que permite mantener la estructura del ecosistema de dehesa con escasos esfuerzos en cuanto a su gestión. La localización espacial de algunas actuaciones, como la distribución de la sal o el forraje, adecuadas al uso que los animales hacen del territorio, representaría una herramienta de gestión que, bien empleada, permitiría mejorar la explotación de los recursos (De Miguel y Gómez-Sal, 1992).

5.2. Relación cobertura arbórea-pasto:

La presencia de cobertura arbórea en la dehesa favorece la riqueza de especies herbáceas bajo su influencia.

A pesar del efecto negativo que aisladamente puede tener el árbol sobre la diversidad del pasto (Marañón, 1986; Marañón, 2009; Moreno, 2007; Scholes and Archer, 1997), según los resultados, la riqueza de especies resulta mayor conforme mayor es la cobertura, produciéndose un incremento mucho más acentuado cuando la densidad del arbolado es menor (Figura 8).

Es importante puntualizar que en nuestro caso estamos analizando la cobertura a nivel ambiente en toda un área de influencia y no como otros estudios donde se analiza el efecto del árbol de forma aislada. En ellos se registra una menor diversidad debajo de la copa de los árboles que en el pasto abierto (Marañón, 1986; De Miguel et al., 2013).

Por el contrario, algunos estudios muestran como sí que existe un efecto positivo del árbol sobre el pasto aumentando significativamente su producción bajo la copa más que en las zonas de pasto abierto. G. Moreno (2007) registra un aumento del 16,8-33,4 % de la biomasa de plantas herbáceas bajo la copa más que en las zonas abiertas y secas en una dehesa en Extremadura (Moreno, 2007).

A la hora de estudiar el efecto aislado del árbol, la influencia del mismo es diferente dependiendo de su cercanía al tronco formando diferentes hábitats y por tanto, riqueza de especies. Podemos diferenciar como principales hábitats relacionados con el árbol: bajo la copa, zona limítrofe de la copa, y el pasto abierto (Marañón, 1985).

En el trabajo de Marañón (1986) sobre la riqueza de especies y el efecto del arbolado en una dehesa al sureste de España se registró que la media de diversidad de especies bajo las copas de los árboles ($16,5 \text{ spp/4}^2$) fue significativamente más baja que en el pasto abierto ($27,4 \text{ spp/4}^2$) o en la zona limítrofe ($31,9 \text{ spp/4}^2$). (Marañón, 1986). Este resultado refuerza otros observados por otros autores, pero con un área más limitada (González Bernáldez et al., 1969; Vacher et al., 1985)

Varios factores se han sugerido para explicar esto. Algunos de ellos implican procesos de interferencia directa, como la disminución de luz que llega al suelo, o el efecto físico y aleopático de la hojarasca de la encina. Por otro lado, procesos de facilitación asociados con el enriquecimiento y mejora de las condiciones de humedad y agua, puede favorecer el dominio de unas pocas hierbas perennes que desplazan a otras plantas y reducen por tanto la diversidad de la comunidad (Rice and Nagy, 2000). El hecho de que haya menos riqueza de especies bajo las encinas, sin embargo, no significa que exista una pérdida de diversidad a nivel de paisaje puesto que hay un reemplazo entre las especies bajo la cobertura leñosa y el campo abierto.

La zona limítrofe de la copa del árbol representa un ecotono entre dos microhábitats lo cual frecuentemente muestra un pico en la diversidad de especies (González-Bernáldez et al., 1969; Marañón, 1986).

A pesar del efecto del árbol individualmente podemos afirmar a la luz de estos resultados que la cobertura arbórea sí que favorece la riqueza a nivel ecosistema. El efecto de la cobertura sobre la capa herbácea es el resultado de una serie de procesos de competición y facilitación que ocurren entre los árboles y el pasto. Estos efectos son causados por múltiples factores como la luz, el microclima, el agua del suelo, el contenido en nutrientes y el sistema radicular. La positiva respuesta es generalmente atribuida a mayores propiedades físicas y químicas del suelo, así como mejor temperatura del suelo y del aire bajo el árbol (Moreno et al., 2007a).

Además del efecto directo de los árboles, hay muchos indicios de que en los sistemas silvopastorales la composición de la hierba bajo los árboles depende no solo del árbol como entidad física (sombra, bombeo de nutrientes, aporte de agua) y biológica (aporte de hojarasca, competencia, facilitación) sino también de las condiciones ecológicas en las que se sitúa (posición en el relieve, viento, manejo) y su relación con el comportamiento del ganado -el otro gran componente del sistema- debido a sus preferencias por determinados árboles y localizaciones.

Por todo este potencial positivo de los árboles sobre el pasto, la diversidad de especies y la producción son mayores cuando hay unos pocos árboles que cuando no los

hay, a pesar de que la tendencia es la contraria cuando existe una gran densidad de árboles. (Scholes and Archer, 1997; Cameron et al., 1989; Scifres, 1992)

El tamaño del árbol es indiferente en la influencia sobre la riqueza de especies, lo cual ya aparece registrado por Moreno (2008).

Las encinas muy grandes, a pesar de presentar una asociación positiva en el análisis Spearman, no pueden ser consideradas como causa de una mayor riqueza herbácea. Los inventarios que poseen encinas muy grandes son poco numerosos, y por lo tanto, no podemos tener en cuenta dicha significación a la hora de comparar resultados.

5.3. Relación matorral- pasto:

La riqueza de especies herbáceas resulta mayor en los ambientes donde predomina el pastizal limpio y menor en los ambientes donde predomina el matorral continuo. Este resultado se repite en los diferentes análisis, tanto ANOVA como Spearman.

De igual modo que el efecto árbol, existen trabajos refiriéndose a un efecto negativo del arbusto sobre el pasto adyacente (Weedon et al., 2008; Pérez Ramón et al., 2008; Madrigal et al., 2007; Wang et al., 2011).

La presencia de los arbustos reduce la aparición de anuales bajo su cobertura, probablemente debido a la sombra y la competición. Simultáneamente algún aspecto de la presencia de arbustos tiene un efecto positivo en el crecimiento de las plantas anuales como el enriquecimiento de nutrientes del suelo, aunque sólo aparece cuando la cobertura del matorral se elimina (Weedon et al., 2008).

La cobertura arbustiva reduce la cantidad de luz que llega al estrato herbáceo, lo cual lleva a una disminución tanto de la producción primaria como de la riqueza de especies (Naveh and Whittaker, 1979; Huston, 1994; Guillet et al., 1999). Del mismo modo, el aumento de hojarasca en las zonas arbustivas limita la posibilidad de ocupar un mayor espacio por parte de las plantas herbáceas. Dicha acumulación tiene dos

efectos importantes en el estrato herbáceo: reduce la luz que llega a la superficie del suelo, lo que impide la germinación y desarrollo de semillas y reduce el flujo de fertilidad del suelo (Biondi and Manske, 1996). Ambos aspectos tienen efectos negativos en la diversidad y la producción de biomasa de las plantas herbáceas (Huston, 1994; Casado, 2004).

El que haya menos especies en las comunidades bajo matorral puede también indicar que comparativamente existen menos especies herbáceas tolerantes a la sombra en los climas mediterráneos (Marañón, 2009).

A nivel de paisaje, existe una combinación de procesos de facilitación e interferencia. Las encinas favorecen el crecimiento y reproducción de las especies que prefieren los hábitats bajo la cobertura leñosa, las cuales apenas pueden sobrevivir en prado abierto. Al mismo tiempo, las encinas interfieren y desplazan a las especies que tienden a evitar los hábitats bajo cobertura, las cuales sólo se encuentran en las condiciones de prado abierto. También existen especies que comparten ambos hábitats. (Marañón, 2009).

Según los resultados de la regresión lineal deducimos que las variables utilizadas para explicar la riqueza aparecen muy correlacionadas, por lo que el modelo no se puede considerar completamente válido. Podemos concluir que las variables estudiadas no son suficientes para caracterizar la riqueza de especies en el pastizal. Se deberían incluir otras como la intensidad de pastoreo, comportamiento selectivo de los herbívoros, humedad edáfica, etc.

6. Conclusiones:

- I. El factor que más influye en la riqueza de especies herbáceas es el tipo de cobertura que forma el estrato leñoso más cercano al suelo, lo que hemos considerado como clases de matorral, componente horizontal de la cobertura leñosa. Cuando los pastos se encuentran en campo abierto sin la influencia de matorrales u otra cobertura leñosa, es el caso donde se registra mayor riqueza de

especies. Por el contrario, cuando los pastos se encuentran asociados a una capa de matorral continuo, la riqueza se ve especialmente disminuida.

- II. La cobertura arbórea favorece la riqueza de especies herbáceas en los pastos asociados. La presencia de encinas favorece la riqueza de herbáceas a escala de paisaje, a pesar de que bajo las mismas copas, debido a diferentes factores de intercepción y competición, la diversidad es menor.
- III. El tamaño del árbol no influye en la riqueza de especies herbáceas. No se encuentra relación entre el tamaño y edad de los árboles y la posible influencia asociada que puedan tener sobre la riqueza de herbáceas.
- IV. Cuanta menor es la densidad de cobertura arbórea, más rápido aumenta a riqueza. Cuando la densidad de árboles es mayor del 5%, la riqueza aumenta muy lentamente. Teniendo en cuenta que con una densidad arbórea excesiva los efectos pueden ser negativos y disminuir la diversidad herbácea, resultaría de indudable interés aplicado identificar para cada caso el umbral de cobertura a partir del cual se produce dicha influencia negativa. En algunos sistemas silvopastorales puede haber sido alcanzado de forma empírica.
- V. La influencia de la cobertura arbórea sobre la riqueza de plantas herbáceas es independiente de la densidad de árboles. El número de encinas no influye por tanto directamente en la riqueza de especies herbáceas, sino solo a través de la cobertura que logran.

7. Agradecimientos:

En primer lugar, quisiera agradecer a mi tutor, Antonio Gómez-Sal, la oportunidad que me ha brindado para realizar este proyecto de investigación. Desde el principio me ha guiado y ayudado, mostrándome las herramientas para poder trabajar y conocer el campo de la investigación en el área de Ecología. Gracias a su ayuda me ha sido posible realizar mi Trabajo Fin de Grado fuera de mi universidad de origen, lo cual a veces ha resultado una dificultad añadida. Agradecerte todo el tiempo que me has dedicado y tu cercanía.

También quería agradecer a José Manuel De Miguel su ayuda y consejos, así como la posibilidad de trabajar en base a sus estudios previos. Gracias a los dos por vuestra confianza.

Quiero dedicar un gran agradecimiento a Paloma Ruiz Benito, por toda la ayuda y el tiempo dedicado, a pesar de no disponer de él. Sin su ayuda, no hubiera sido posible acabar este trabajo ni a tiempo ni satisfactoriamente. Gracias por compartir todos tus conocimientos de Ecología, y sobre todo tu ayuda para manejar el ArcGis.

Agradecer al Centro Regional de información Cartográfica de Madrid su disponibilidad a la hora de proporcionarme la ortofoto del área en base a la cual pude trabajar.

8. Bibliografía:

- Breman, H., Kessler, J.J. (1995) *Woody plants in agroecosystems of semiarid regions*. Springer-Verlag, Berlin.
- Biondi, M.E. and Manske, L. 1996. Grazing frequency and ecosystem processes in a Northern mixed prairie, USA. *Ecological Application* 6: 239-256.
- Callway, R. M. et al., 1991. Facilitation and interference of *Quercus douglasii* on understory productivity in central California. *Ecology* 72: 1484-1499.
- Cameron, D.M. et al., 1989. Project STAG: An experimental study in agroforestry. *Aust. J. Agric. Res.* 40:699-714.
- Casado, M. A., De Miguel, J.M., Sterling A., Peco B., Galiano E.F. and Pineda F.D. 1985. Production and spatial structure of Mediterranean pastures in different stages of ecological succession. *Vegetatio* 64: 75-86.
- Casado, M., Castro I., Ramírez-Sanz, L., Costa-Tenorio, M., De Miguel, J.M. and Pineda, F., 2004. Herbaceous plant richness and vegetation cover in Mediterranean grasslands and shrublands. *Plant Ecology* 170: 83-91.
- De Miguel, J.M. 1988. *Estructura de un sistema silvopastoral de dehesa. Vegetación, hábitat y uso del territorio por el ganado*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, 291 p.
- De Miguel, J.M. y Gómez-Sal, A. 1992. Los paisajes de la dehesa y su papel en el comportamiento del ganado extensivo. *Quercus* 81: 16-22.
- De Miguel, J.M., Rodríguez, M.A. and Gómez-Sal, A. 1997. Determination of animal behavior environment relationships by correspondence analysis. *Journal of Range Management* 50:85-93.
- De Miguel, J.M., Acosta-Gallo, B. and Gómez-Sal, A. 2013. Understanding Mediterranean Pasture Dynamics: General Tree Cover vs. Specific Effects of Individual Trees. *Rangeland Ecology and Management* 66: 216-223.
- De Schrijver A., Geudens G., Augusto L., Staelens J., Mertens J., Wuyts K., Gielis L., and Verheyen K., 2007. The effect of forest type on throughfall deposition and seepage flux: a review. *Oecología* 153:663-674.
- Díaz, M., Campos Palacín P. and Pulido, F. 1997. The Spanish dehesas: a diversity in land-use and wildlife. In: Pain D.J. and Pienkowski M.W. (eds), *Farming and Birds in Europe*. Academic Press, London, UK, p 178-209.

- Escudero, A., García, B., Gómez, J.M., and Luis, E., 1985. The nutrient cycling in *Quercus rotundifolia* and *Quercus pyrenaica* ecosystems (“dehesas”) of Spain. *Acta Oecol. Oecol. Plant.* 6:73-86.
- Gallardo, A. Effect of tree canopy on the the spatial distribution of soil nutrients in a Mediterranean Dehesa. *Pedobiología* 47:117-125.
- Gea Izquierdo, G., Allen-Díaz, B., San Miguel, A., Cañellas, I. 2010. How do trees affect spation-temporal heterogeneity of nutrient cycling in mediterranean anual grasslands? *Ann. For. Sci.* 67: 112p1-112p11.
- Gea Izquierdo, G. Canellas, I. y Montero, G. 2007. Es constante el patrón espacial y temporal de la interacción árbol-pasto en dehesas. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.* 22:45-50.
- Gómez-Gutiérrez, J.M. 1992. *El libro de las dehesas salmantinas*. Valladolid, Spain: Junta de Castilla y León. 941 p.
- Gómez-Sal, A., Rodríguez, M.A. and De Miguel, J.M. 1992. Matter transfer and land use by cattle in a dehesa ecosystem of Central Spain. *Vegetatio* 99-100: 345-354.
- Gómez Sal, A., De Miguel, J.M., Casado, M.A. y Pineda, F.D., 1986. Successional changes in the morphology and ecological responses of a grazed pasture ecosystem in Central Spain. *Vegetatio*, 67: 33-34. The Hague.
- González-Bernáldez, F. et al. 1969. Influences of *Quercus ilex rotundifolia* on the herb layer at the El Prado forest (Madrid). –*Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat. (Biol.)* 67:265-284.
- Gillet, F., Murisier, B., Buttler, A., Gallandat, J.-D. and Gobat, J.-M. 1999. Influence of tree cover on the diversity of herbaceous communities in subalpine wooded pastures. *Applied Vegetation Science* 2: 47-54.
- Huston, M.A. and Smith, T. 1987. Plant succession: life history and competition. *American Naturalist* 130: 168-198.
- Joffre, R. and Rambal, S. 1988. Soil water improvement by tres in the rangelands of southern Spain. *Ecol. Plant.* 9:405-422.
- Joffre, R., Rambal, S. and Ratte, J.P. 1999. The dehesa system of southern Spain and Portugal as a natural ecosystem mimic. *Agroforestry Systems* 45: 57-79.
- Joffre, R. and Rambal, S. 2011. How tree cover influences the water balance of Mediterranean rangelands. *Ecology* 74:570-582.

- Leiva, M.J., Chapin, III S.F. and Fernández Alés, R. 1997. Differences in species composition and diversity among Mediterranean grasslands with different history-the case of California and Spain. *Ecography* 20:97-106.
- Madrigal, J., García-Rodríguez, J.A., Julian, R., Puerto, A., Fernández-Santos, B. 2007. Exploring the influence of shrubs on herbaceous communities in a Mediterranean climatic context of two spatial scales. *Plant. Ecol.* 195: 225-234.
- Maltez-Mouro, S., García, L.V., Marañón, T., Freitas, H. 2005. The combined role of topography and overstorey tree composition in promoting edaphic and floristic variation in a Mediterranean forest. *Ecol Res.* 20:668-677.
- Manning, A. D., Fischer, J., Lindenmayer, D.B. 2006. Scattered trees are keystone structures-implications for conservation. *–Biol. Conserv.* 132:311-321.
- Marañón, T. 1985. Diversidad florística y heterogeneidad ambiental en una dehesa de sierra morena. *An. de Edaf. Y Agrobiol.* 44: 1883-1197.
- Marañón, T. 1986. Plant species richness and canopy effect in the savanna-like “dehesa” of S.W. Spain. *Ecología Mediterranea XII*: fascículo 1-2.
- Marañón, T. and Bartolome, J. W. 1989. Seed and seedling populations in two contrasted communities: open grassland and oak (*Quercus agrifolia*) understory in California.-*Oecolog. Plantar.* 10: 147-158.
- Marañón, T., Pugnaire, F.I., Callaway, R. M. 2009. Mediterranean-climate oak savannas: the interplay between abiotic environment and species interactions. *Web Ecology* 9:30-43.
- Martín, A. and Fernández, R. 2006. Long term persistence of dehesas. Evidence from history. *Agroforestry Systems* 67:19-28.
- Martín, V. y Fernández, R. 2006. Long term persistence of dehesas. Evidences from history. *Agroforestry Systems.* 67:19-28 .
- Mordelet, P., Abbadie, L., Menaut, J.C. 1993. Effects of tree clumps on soil characteristics in a humid savannah of West Africa (Lamto, Cote d'Ivoire) *Plant and Soil.* 153:103-111.
- Moreno, G., Obrador, J.J., García, E., Cubera, E., Montero, M.J., Pulido, F.J., Dupraz C. 2007a. Driving competitive and facilitative interactions in oak dehesas with management practices. *Agrofor. Syst.* 70:25-40
- Moreno, G. 2008. Response of understory forage to multiple tree effects in Iberian dehesas. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 123:239-244.

- Naveh, Z. and Whittaker, R.H. 1979. Structural and floristic diversity of shrublands and woodlands in northern Israel and other Mediterranean areas. *Vegetatio* 41: 171-190.
- Olea, L. and San Miguel-Ayán, A. 2006. The Spanish dehesa: a traditional Mediterranean silvopastoral system linking production and nature conservation. *Grassland Science in Europe* 11:3-13.
- Peco, B. 1989. Modeling Mediterranean pasture dynamics. *Vegetatio* 83:269-276.
- Pérez-Ramos, I.M., Zavala, M.A., Marañón, T., Díaz-Villa, M.D., Valladares, F. 2008. Dynamics of understorey herbaceous plant diversity following shrub clearing of cork oak forest: A five-year study. *Forest Ecology and Management* 225: 3242-3253.
- Pineda, F.D. and Montalvo, J. 1995. Dehesa systems in western Mediterranean. In: Halladay, P. and Golmour, D.A. [eds]. *Conserving biodiversity outside protected areas*. Gland, Switzerland, and Cambridge, UK: IUCN. p. 107-122.
- Plieninger, T., Pulido, F.J. and Schaich, H. 2004. Effects of land-use and landscape structure on holm oak recruitment and regeneration at farm level in *Quercus ilex* L. dehesas. *Journal of Arid Environments* 57: 345-364.
- Puerto, A. and Rico, M. 1989. Influence of tree canopy (*Quercus rotundifolia* Lam. And *Quercus pyrenaica* Willd.) on old field succession in marginal areas of central-western Spain. *Acta Oecologica-Oecologica Plantarum* 9:337-358.
- Puerto, A. and Rico, M. 1992. Spatial variability on slopes of Mediterranean grasslands: structural discontinuities in strongly contrasting topographic gradients. *Vegetatio* 98:23-31.
- Rice, K. J. and Nagy, E. S. 2000. Oak canopy effects on the distribution patterns of two annual grasses: the role of competition and soil nutrients. *Am. J. Bot.* 87:1699-1706.
- Rodá, R., Retana, J., Gracia, C.A. and Bellot, J. 1999. *Ecology of Mediterranean evergreen oak forests*. Springer-Verlag, Berlín, 373p.
- Ruperez, A. 1957. *La encina y sus tratamientos*. Gráficas Moreno, Madrid, Spain, 154 p.
- Ryrie, S.C. and Prentice, I.C. 2011. Herbivores enable plant survival under nutrient limited conditions in a model grazing system. *Ecological Modelling* 222:381-397.

- San Miguel, A. 1994. *La dehesa española: origen, tipología, características y gestión*. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid.
- Scifres, CJ et al. 1982. Interrelationship of huisache canopy cover with range forage on the coastal prairie. *J. Range Manage.* 35:558-562.
- Scholes, R. J. and Archer, S. R. 1997. Tree-grass interactions in savannas- *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 28:517-544.
- Stuart-Hill, G.C. et al. 1987. The influence of an *Acacia karroo* tree on grass production in its vicinity. *J. Grassl. Soc. South. Afr.* 4:83-88.
- Tellería, J.L. 1988. *Caracteres generales de la invernada de aves en la Península Ibérica*. SEO Monografías 1, Madrid, Spain, p. 13-22.
- Tucker ,G. and Evans, M. 1997. *Habitats for Birds in Europe. Their Conservation Status*. Birdlife Conservation Series 6, Cambridge, UK.
- Vacher, J.M. et al. 1986. Relaciones árbol pasto en la Sierra Norte de Sevilla I. Efecto del árbol sobre la organización espacial de las comunidades de pastizal.
- Wang, Y., Bao, W., Wu, N. 2011. Effects of *Salix Sphaeronymphe* Görz shrubs on herbaceous community in forest secondary succession (Tibetan Plateau). *Pol.J.Ecol.* 59:495-505.
- Weedon, J. and Facelli, J. 2008. Desert shrubs have negative or neutral effects on annuals at two levels of water availability in arid lands of South Australia. *Journal of Ecology* 96:1230-1237.
- Zinke, P.J. 1962. The patterns of influence of individual forest trees on soil properties. *Ecology* 43, 130-133.