

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Facultad de Ciencias

Grado de Biología

Trabajo Fin de Grado

EVALUACIÓN DE LA REFORESTACIÓN DEL BOSQUE UNIVERSITARIO DE LA UCO

Código del TFG: **BL15-66-BEF**

Blanca Rodríguez Linares



Tutores:

Rafael Villar Montero
Diego Jordano Barbudo

Agradecimientos

En especial quiero agradecer a mi familia el haberme apoyado en todo momento, a mis padres por haberme proporcionado la mejor educación y a mis hermanas por su ayuda incondicional y por estar siempre a mi lado.

A mis tutores, Rafael Villar y Diego Jordano, por compartir conmigo sus conocimientos y su tiempo, sin los que no habría sido posible la realización de este proyecto.

A Antonio Gomera, del Servicio de Protección Ambiental de la UCO y a Miguel Antúnez, del Aula de Sostenibilidad, por su implicación y dedicación en el Bosque Universitario.

A mis compañeros, por la trayectoria recorrida y a todas aquellas personas que han colaborado de alguna forma en el desarrollo de este proyecto.

Índice general

Índice de figuras	4
Índice de tablas	4
Resumen	5
Palabras clave	5
Abstract and conclusions	5
Key word	6
Introducción	7
Materiales y métodos	14
Resultados y discusión	19
Características morfológicas	19
Cobertura y densidad	24
Riqueza y diversidad de especies	25
Sumidero de carbono	28
Supervivencia	30
Conclusión	33
Bibliografía	34
Anexo	37

Índice de figuras

Figura 1. Panorámica del Bosque Universitario de la UCO	11
Figura 2. Plano de distribución de las distintas áreas	13
Figura 3. Localización del Bosque Universitario en el Campus	14
Figura 4. Etiqueta nueva utilizada para enumerar a los ejemplares	16
Figura 5. Etiqueta utilizada en un principio para identificar a los ejemplares plantados	16
Figura 6. Croquis de las medidas tomadas	17
Figura 7. Valores de altura de las especies de árboles plantadas	20
Figura 8. Valores del diámetro basal de las especies de árboles plantadas	20
Figura 9. Valores de altura de la copa de las especies de árboles plantadas	21
Figura 10. Valores del diámetro de la copa de las especies de árboles plantadas	21
Figura 11. Valores de altura de las especies de matorrales plantadas	22
Figura 12. Valores de diámetro basal de las especies de matorrales plantadas	23
Figura 13. Valores de altura de la copa de las especies de matorrales plantadas	23
Figura 14. Valores de diámetro de copa de las especies de matorrales plantadas	24
Figura 15. Representación de la abundancia relativa (P_i) de las especies de árboles	26
Figura 16. Representación de la abundancia relativa (P_i) de las especies de matorrales	27
Figura 17. Supervivencia de las especies de árboles	32
Figura 18. Supervivencia de las especies de matorrales	32

Índice de tablas

Tabla 1. Órganos que participan en el grupo de trabajo “Bosque Universitario”	10
Tabla 2. Cronograma creación del Bosque Universitario de la UCO	12
Tabla 3. Resumen meteorológico desde la plantación inicial	15
Tabla 4. Listado de matorrales plantados en el mes de febrero de 2015	15
Tabla 5. Listado de matorrales plantados en el mes de febrero de 2015	15
Tabla 6. Análisis de la diversidad de las especies de árboles	26
Tabla 7. Análisis de la diversidad de las especies de matorrales	27
Tabla 8. Cantidad de carbono almacenado según especies	29

RESUMEN

Las instituciones públicas adoptan cada vez con más frecuencia políticas sostenibles de gestión medioambiental con iniciativas como la creación de espacios verdes integrados en zonas urbanas, que nos doten de mejor calidad de vida a la vez que disminuyen nuestra huella ecológica. Un tipo de espacio verde son los bosques urbanos, tal y como ha hecho la Universidad de Córdoba con la creación de un Bosque Universitario sostenible. El propósito de este estudio fue analizar el proceso de reforestación de un área en desuso del Campus Universitario de Rabanales, haciendo un seguimiento de la supervivencia y caracterizando a los individuos en función de su tamaño para poder evaluar su crecimiento en el futuro. Se hizo un registro de los individuos plantados inicialmente un año después de la reforestación y tras la segunda sequía estival y se midieron una serie de características morfológicas tales como la altura y el diámetro basal. Además se estudiaron otras características como la diversidad y la capacidad de sumidero de carbono del bosque. La supervivencia fue generalmente alta, tanto en las especies de árboles como de matorrales, y se observó una gran diversidad debida al alto número de especies utilizadas. El éxito de la reforestación de debe principalmente al uso de especies autóctonas y a su resistencia a la sequía.

Palabras clave: Bosque urbano; Diversidad; Educación; Investigación; Sostenibilidad; Sumidero de carbono; Supervivencia.

Abstract and Conclusions

Public institutions are increasingly adopting more often sustainable of policies environmental management initiatives such as the creation of integrated green spaces in urban areas that improve our quality of life while reducing our ecological footprint. A type of green space are urban forests, such as the one the University of Cordoba has made with the creation of a sustainable university forest. The purpose of this study was to analyze the process of reforestation of an unused area in Rabanales University Campus, by monitoring the survival and characterizing individuals according to their size in order to assess its growth in the future. It was done a record of the individuals initially planted one year after reforestation and after the second summer drought and a series of morphological characteristics such as

height and basal diameter was measured. In addition, other features such as the diversity and carbon sink capacity of the forest were studied. Survival was generally high, both species of trees and bushes, and a great diversity was observed due to the high number of species used. The success of reforestation was mainly due to the use of native species and their drought resistance.

Keywords: Carbon sink; Diversity; Education; Investigation; Survival; Sustainability; Urban forest.

- The morphological characteristics of the species used in the Forest are highly variable, due to the great diversity of the plant community presented in addition to the different initial sizes that were used.
- The percentage of vegetation cover is small in general terms, this is because the planting is recent and the majority of individuals that make up the forest are still very young, are underdeveloped. However density is high and, as the forest grows, its cups cover more ground surface.
- The Forest showed a very high diversity due to the large number of different species used and their relative abundances were similar.
- The carbon stored by the Forest corresponds approximately to the coal that a car emits every 500 km, which is the reason why the increase and maintenance of native forests is a sustainable way to combat climate change because of its ability to store carbon.
- The survival of the Forest in general has been 64.84%. Individuals who have survived have done so through a series of characteristics (low maintenance, self-perpetuation in time, etc.) that make them more suitable to adapt to possible changes in the environment, while the most frequent reasons for mortality has been seasonal changes and the loss of the individual for maintenance Forest.
- The reforestation Forest of UCO has been successful overall, mainly due to the use of native species.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la creciente preocupación por el medio ambiente junto con la llegada del cambio climático y sus consecuencias nos ha llevado a apostar cada vez más por políticas de gestión sostenibles de nuestros espacios verdes urbanos. Estas políticas pretenden reducir la actuación a nivel de uso de fertilizantes y productos fitosanitarios, así como del agua de riego y la energía necesarios para el mantenimiento de dichos espacios. De este modo se minimizan los costes de creación y de mantenimiento, disminuyendo la huella ecológica producida a la vez que se mejora la calidad de vida ambiental de las personas. Una tipología interesante e innovadora de estos espacios verdes son los bosques urbanos. Los bosques urbanos buscan ser zonas naturalizadas integradas en las ciudades o en su periferia que, o bien existían previamente como bosque o bien son una reconstrucción antrópica del bosque preexistente. Este desarrollo sostenible urbano no es una tarea llevada a cabo únicamente por los ayuntamientos de las ciudades. Son diversas instituciones públicas, entre ellas las universidades, las que se han unido a esta iniciativa sostenible, que además de ser una práctica ecológica, contribuye a la educación de la ciudadanía y la investigación en diversos campos.

Las actividades humanas, tales como el uso de combustibles fósiles para la producción de energía y los procesos derivados del cambio en el uso del suelo y silvicultura, generan enormes emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) siendo el dióxido de carbono (CO₂) uno de los GEI más importantes por las grandes cantidades que se emite. Una forma de reducir nuestra huella biológica es por medio del almacenamiento de carbono, tanto artificial como natural. La vegetación tiene la capacidad de asimilar el carbono e incorporarlo a su estructura, es decir, lo fija y lo mantiene almacenado por largos periodos, a través de la fotosíntesis, por lo que los bosques son importantes sumideros de carbono (Ordoñez y Masera, 2001).

"Sustainability Exchange" es una de las principales webs de recursos sobre información de sostenibilidad a nivel mundial, y uno de sus programas, *Biodiversidad en el Campus*, nos ofrece una guía práctica sobre biodiversidad en Campus universitarios ("Biodiversity on Campus: An EAUC Practical Guide. Sustainability Exchange", 2016). Esta guía, apoyada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Asociación Mundial de Universidades sobre el Medio Ambiente y la Sostenibilidad (GUPES), tiene como objetivo

motivar y posibilitar a las Instituciones de Educación Superior (FHE) en todo el mundo para tomar parte de forma activa en la conservación y difusión de la biodiversidad.

Son muchas las universidades incluidas en el Programa *Biodiversidad en el Campus* por su actuación y dedicación en la conservación de la biodiversidad de su entorno, entre las que se encuentra la Universidad de Córdoba, recientemente añadida por su proyecto de Bosque Universitario Sostenible de Rabanales.

Una de las universidades incluidas en el programa *Biodiversidad en el Campus* es la Universidad Queen de Belfast, en Irlanda del Norte (Sustainability Exchange, 2016). Con el apoyo del Plan de acción sobre Biodiversidad local de Belfast, puso en marcha una política de gestión de bosques para protegerlos de una universidad cada vez más amplia y en constante desarrollo. Irlanda del Norte se enfrenta a una gran necesidad de crear y conservar sus bosques, puesto que es el país con menor número de árboles en el norte de Europa. La política promueve plantaciones por todo el campus centrándose en unir los huecos fragmentados existentes, así como la mejora de la biodiversidad del bosque. La universidad ya cuenta aproximadamente con 10 hectáreas de bosque en el campus.

La Universidad de Keele de Staffordshire, en Reino Unido, cuenta con un gran arboretum, de los más grandes de Europa, una colección viva de árboles y otras plantas leñosas que proporcionan servicios de investigación, exposición y conservación (Keele University, 2016). La universidad cuenta con 60 hectáreas de bosque plantadas en su mayoría en el siglo XIX que han sido utilizadas durante décadas como recurso educativo y recreativo a la vez que se perseguía maximizar la diversidad biológica. En el año 2002 comenzó el proyecto de configuración del arboretum con cuatro prioridades fundamentales:

- a) Identificar y localizar de los árboles ya existentes.
- b) Centrarse en una especialidad para destacar sobre otras colecciones de la zona.
- c) Elaborar un listado de especies para futuras plantaciones así como determinar el lugar para llevar a cabo la plantación y el mecanismo de financiación.
- d) Difundir la información al público.

La Universidad de Keele tiene como objetivo preservar la biodiversidad de sus bosques y la colección de árboles a través del mantenimiento y el incremento del número de individuos, sobre todo de flora y fauna autóctona, así como conservar la diversidad genética.

A nivel nacional, el único proyecto incluido en el programa *Biodiversidad en el Campus de Sustainability Exchange* es el “Bosque Universitario de la UCO”, como estudio de caso dentro de la guía práctica sobre biodiversidad (http://www.sustainabilityexchange.ac.uk/university_of_cordoba_campus_forest). Sin embargo, cabe destacar el famoso bosque urbano Casa de Campo, en Madrid, con una extensión de 1723 hectáreas que lo convierten en el mayor parque público de Madrid. Se caracteriza por la gran cantidad de encinas, chopos y fresnos y por sus grandes usos interiores como son el zoológico y el parque de atracciones. La conservación de este gran espacio verde a lo largo del tiempo ha sido posible gracias a su adquisición por parte de Felipe II en el año 1500 con el propósito de convertirlo en coto de caza.

Es digna de destacar la creciente preocupación y concienciación de la ciudadanía por el tema de la sostenibilidad, tanto que en Málaga ha surgido una plataforma ciudadana que busca convertir un terreno previamente ocupado por los antiguos bidones de Repsol en un gran bosque urbano en pleno corazón de la ciudad (Bosque Urbano Málaga, 2016). Este espacio, de unos 177.000 m², se ubica entre Cruz del Humilladero y la Carretera de Cádiz, destacadas por su gran densidad de población. La propuesta se caracteriza por una elección de especies vegetales autóctonas mediterráneas, como algarrobos, encinas, pinos carrascos, etc. y por una mínima presencia arquitectónica utilizando materiales ecológicos. También proponen una reserva de espacios que propicien la participación ciudadana, como es el caso de huertos urbanos y de caminos y sendas para viandantes y ciclistas.

La Universidad de Córdoba (UCO) participa, en el marco del Campus de Excelencia Internacional en Medio Ambiente, Biodiversidad y Cambio Global (CEI CamBio), en la creación de zonas con vegetación autóctona que puedan usarse como recurso docente (Bosque Universitario, 2016). Este proyecto, “Bosque Universitario de la UCO”, que coordina el Servicio de Protección Ambiental de la UCO (SEPA), busca crear una representación de ecosistemas propios de nuestro entorno, utilizando áreas en desuso del Campus y convirtiéndolas en espacios de aprendizaje al aire libre que los distintos departamentos puedan usar para realizar

diversas actividades acordes a su disciplina. Además de como recurso educativo, el Bosque de la UCO se usa ya como herramienta de sensibilización ambiental y como área recreativa. El programa ‘Tesis’, que se emite en Andalucía Televisión, hizo en abril un reportaje sobre el Bosque Universitario, que se puede ver en el siguiente enlace: <http://www.cedecom.es/noticias/bosque-universitario/>.

La creación del Bosque Universitario ha sido un proyecto participativo que ha fomentado siempre la colaboración voluntaria de órganos de gestión y de gobierno, así como de departamentos, profesores y alumnos. En febrero de 2014 se inició un plan de trabajo de colaboración interdepartamental para diseñar, implementar, explotar y mantener de una forma sostenible un bosque característico de un ecosistema mediterráneo, del que se encargaría un grupo de trabajo llamado “Bosque Universitario”. Este grupo de trabajo está conformado por representantes de los siguientes órganos:

Tabla 1. Órganos que participan en el grupo de trabajo “Bosque Universitario”.

Coordinación	Servicio de Protección Ambiental de la UCO (SEPA)
Comunicación, participación y sensibilización	Aula de Sostenibilidad de la UCO
Centros	Facultad de Ciencias Facultad de Veterinaria Escuela Politécnica Superior Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes
Departamentos	Ingeniería Forestal Ciencias y Recursos Agrícolas y Forestales Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal Didáctica de las Ciencias Sociales y Experimentales Farmacología y Toxicología Química Agrícola y Edafología Producción Animal Agronomía Zoología
Áreas y Servicios	Administración del Campus Universitario de Rabanales Grupo EULEN (actual adjudicatario del contrato de jardinería) Unidad Técnica

En un principio, el terreno ahora ocupado por el Bosque Universitario (Fig. 1), estaba compuesto por un pastizal estacional de especies ruderales y arvenses, además de algunos árboles (eucaliptos, pinos, jacarandas). Tras la evaluación y limpieza del terreno, se plantaron 273 individuos de diversas especies autóctonas cedidos gratuitamente por la Junta de Andalucía (20 especies de árboles y 25 de matorral) previamente elegidas de acuerdo a las recomendaciones en los modelos de restauración forestal (Costa Pérez y Valle Tendero, 2004), teniendo en cuenta que anteriormente el Campus de Rabanales fue una dehesa de uso ganadero. Dichos individuos fueron distribuidos aleatoriamente en seis zonas distintas siguiendo un patrón de ecosistemas desde el más húmedo en el extremo donde se encuentra la charca, hasta el más seco donde está el pinar.



Figura 1. Panorámica del Bosque Universitario de la UCO.

El proceso de creación del Bosque Universitario se puede ver resumido en el siguiente cronograma:

Tabla 2. Cronograma de la creación del Bosque Universitario de la UCO
 (<http://www.uco.es/servicios/dgppa/index.php/proteccion-ambiental/biodiversidad/bosque/307#proceso>)

FECHA	ACTIVIDAD
Febrero 2014	· Constitución grupo de trabajo “Bosque Universitario”
Feb – May 2014	· Planificación del proyecto: selección de espacios, definición de valores y características.
Jun - Jul 2014	· Diseño del espacio: definición y situación sobre plano de elementos vivos e inertes. · Comunicación a la comunidad universitaria.
Octubre 2014	· Limpieza del terreno: desbroce, eliminación de ejemplares en mal estado, basura, cascotes y rocas superficiales. · Planificación del equipo coordinador sobre el terreno para delimitar las zonas.
Noviembre 2014	· Creación de los desniveles con tierra traída del exterior. · Sistema de Riego por todo el Bosque. · Relleno del camino con granito descompuesto.
Enero 2015	· Planificación del equipo coordinador sobre la plantación, adquisición de material de apoyo a la plantación.
Febrero 2015	· Traslado de las plantas adquiridas desde los Viveros de la Junta de Andalucía al Campus. · Convocatoria y organización de plantación participativa de árboles y arbustos.
Septiembre 2015	· Creación de la charca artificial.
Enero 2016	· Señalética: ubicación de cartelería con información de las distintas zonas y elementos del bosque.
Febrero 2016	· Repoblación participativa y enriquecimiento de la zona.

El Bosque de la UCO a día de hoy cuenta con más de 300 árboles y matorrales característicos de un ecosistema mediterráneo, y se divide principalmente en 6 zonas: ribera, encinar, quejigar, alcornocal, melojar y pinar-algarrobal (Fig. 2). Además, se han dedicado tres espacios concretos a una charca, a una zona de plantas aromáticas y a otra zona con plantas potencialmente tóxicas para el ganado.

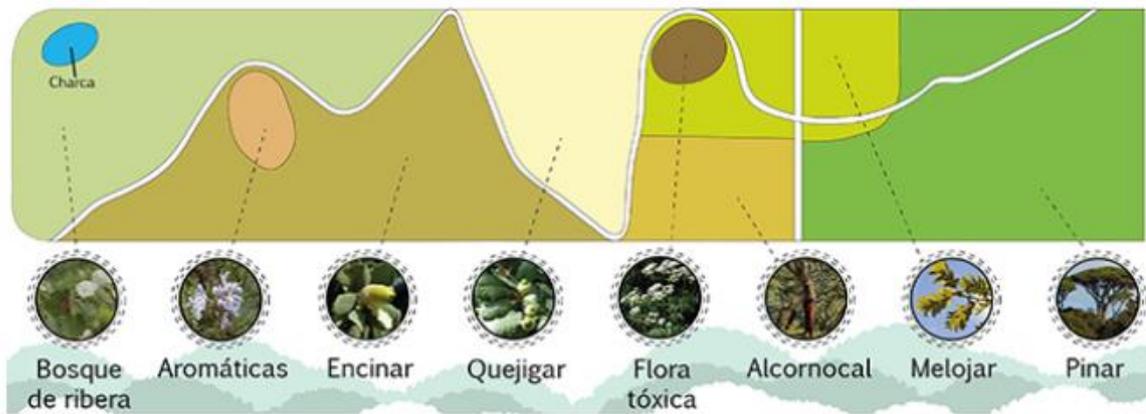


Figura 2. Plano de distribución de las áreas del Bosque (cada área de un color distinto). Podemos ver el recorrido del sendero además de las tres zonas destinadas a la charca, a plantas aromáticas y a vegetación tóxica para el ganado.

El estudio tiene como objetivo principal determinar el éxito de las actuaciones de reforestación realizadas, además de los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar los individuos en función de su tamaño para futuras evaluaciones del crecimiento de los individuos.
- Analizar la diversidad del bosque.
- Calcular la capacidad de almacenamiento de carbono del bosque.
- Determinar la supervivencia de las distintas especies.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo sobre un área (Fig. 3) de la parte oeste de un terreno situado junto al edificio Leonardo da Vinci en el Campus Universitario de Rabanales (Córdoba), con una extensión de 4000 m² aproximadamente.

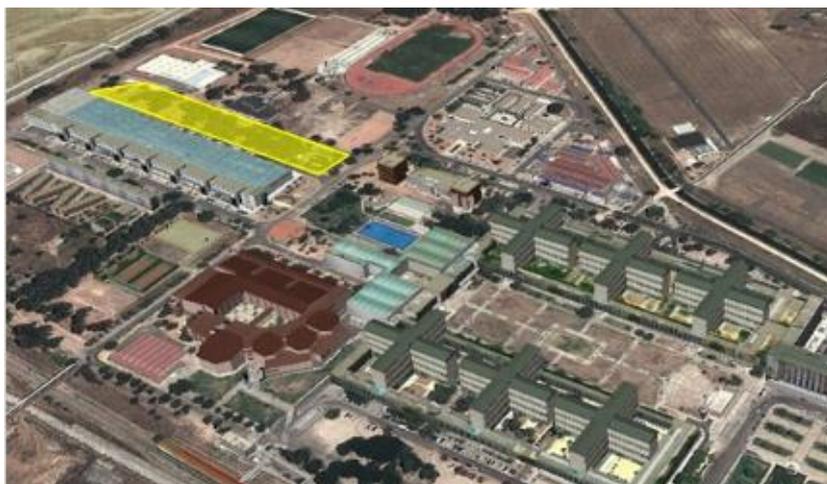


Figura 3. Localización del Bosque Universitario sostenible de la UCO en el Campus de Rabanales (en amarillo).

Córdoba tiene un clima mediterráneo continental con influencias atlánticas (Andalucía-web, 2016). Los inviernos son templados y lluviosos, con algunas heladas fuertes debido a su distancia del mar, mientras que los veranos son secos y muy calurosos, con temperaturas máximas medias más altas de Europa (superan los 40 °C). Las precipitaciones escasean en verano, lo cual genera un importante estrés hídrico en la vegetación.

La meteorología en la provincia de Córdoba desde el momento en que se produjo la primera plantación en el Bosque de la UCO hasta el momento de realización del estudio se resume en la siguiente tabla:

Tabla 3. Resumen meteorológico desde la plantación inicial (Agencia Estatal de Meteorología).

ESTACIÓN	CARÁCTER TÉRMICO	Tº MEDIA	Tº MÁX	Tº MIN	CARÁCTER PLUVIOMÉTRICO	PRECIPITACIÓN
Primavera 2015	muy cálido	18.4 °C	35.4 °C	5 °C	muy seco	76.6 mm
Verano 2015	muy cálido	25.3 °C	43.4 °C	15.8 °C	normal/seco	12.5 mm
Otoño 2015	cálido	19.6 °C	26.6 °C	12.6 °C	seco	143.4 mm
Invierno 2015-2016	muy cálido	11.8 °C	17.8 °C	5.8 °C	seco	110.6 mm
Primavera 2016	frío	15.9 °C	23.1 °C	8.7 °C	muy húmedo	265.2 mm
Verano 2016	muy cálido	25.8 °C	44.5 °C	12.3 °C	muy seco	0.1 mm

La selección de especies, tanto de árboles como de matorrales, elegida para la reforestación inicial del Bosque Universitario de la UCO en febrero de 2015 fue la que se muestra en las Tablas 4 y 5, con un total de 273 individuos.

Tabla 4. Listado de árboles plantados inicialmente en el mes de febrero de 2015.

MATORRALES			
	Nombre científico	Nombre común	n
1	<i>Asparagus albus</i>	Esparraguera silvestre	1
2	<i>Chamaerops humilis</i>	Palmito	5
3	<i>Cistus albidus</i>	Jara blanca	7
4	<i>Cistus crispus</i>	Jara rizada	8
5	<i>Cistus ladanifer</i>	Jara pringosa	6
6	<i>Cistus salvifolius</i>	Jara morisca	9
7	<i>Crataegus monogyna</i>	Majuelo	11
8	<i>Daphne gnidium</i>	Torvisco	3
9	<i>Lavandula stoechas</i>	Cantueso	9
10	<i>Marrubium vulgare</i>	Marrubio	2
11	<i>Myrtus communis</i>	Mirto	5
12	<i>Nerium oleander</i>	Adelfa	4
13	<i>Phlomis purpurea</i>	Matagallo	23
14	<i>Pistacia lentiscus</i>	Lentisco	15
15	<i>Pistacia terebinthus</i>	Cornicabra	4
16	<i>Quercus coccifera</i>	Coscoja	11
17	<i>Rhamnus alaternus</i>	Aladierno	4
18	<i>Rhamnus lycioides</i>	Espino prieto	7
19	<i>Rosa canina</i>	rosal silvestre	2
20	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Romero	9
21	<i>Ruscus aculeatus</i>	Rusco	4
22	<i>Smilax aspera</i>	Zarzaparrilla	2
23	<i>Teucrium fruticans</i>	Olivilla	8
24	<i>Viburnum tinus</i>	Durillo	8
25	<i>Vitex agnus-castus</i>	Zauzgatillo	2
			169

Tabla 5. Listado de matorrales plantados inicialmente en el mes de febrero de 2015.

ÁRBOLES			
	Nombre científico	Nombre común	n
1	<i>Acer monspessulanum</i>	Arce Montpellier	6
2	<i>Arbutus unedo</i>	Madroño	8
3	<i>Celtis australis</i>	Almez	2
4	<i>Ceratonia siliqua</i>	Algarrobo	5
5	<i>Fraxinus angustifolia</i>	Fresno	1
6	<i>Juniperus oxycedrus</i>	Enebro	5
7	<i>Olea europaea</i>	Acebuché	14
8	<i>Phyllirea angustifolia</i>	Olivillo	12
9	<i>Phyllirea latifolia</i>	Labiérnago	4
10	<i>Pinus pinea</i>	Pino piñonero	5
11	<i>Populus alba</i>	Álamo blanco	1
12	<i>Populus nigra</i>	Chopo, álamo negro	1
13	<i>Pyrus bourgaeana</i>	Piruétano	10
14	<i>Quercus faginea</i>	Quejigo	5
15	<i>Quercus ilex</i>	Encina	5
16	<i>Quercus pyrenaica</i>	Roble melojo	3
17	<i>Quercus suber</i>	Alcornoque	5
18	<i>Salix purpurea</i>	Mimbrera	6
19	<i>Tamarix gallica</i>	Taraje	5
20	<i>Ulmus minor</i>	Olmo	1
			104

En primer lugar se hizo un muestreo con el fin de localizar e identificar a todos los individuos de la selección de especies utilizada en la reforestación. Para ello se hizo un censo de los individuos encontrados, los cuáles se fueron enumerando con una nueva etiqueta (Fig. 4) proporcionada por el profesor Jose Luis Quero (Dpto de Ingeniería Forestal, UCO), más resistente y distinta a la colocada anteriormente (Fig. 5), que se había deteriorado. De esta forma, se pretende tener un registro más fiable.

Se tomaron medidas de todos los individuos etiquetados, un total de 228 de los 273 plantados inicialmente, 7 individuos fueron encontrados muertos y los restantes no fueron encontrados (muerte del individuo por diversas razones o bien falta de localización). De los 228 individuos etiquetados un total de 19 murieron a lo largo del estudio.



Figura 4. Etiqueta nueva utilizada para enumerar a los ejemplares.



Figura 5. Etiqueta utilizada en un principio para identificar a los ejemplares plantados.

Una vez localizados e identificados los ejemplares del Bosque Universitario de la UCO, para su caracterización, se midieron las siguientes variables morfológicas:

- Altura 'h' (m) del individuo completo.

- Diámetro basal '**db**' (mm) a 10 cm del suelo, tomando dos medidas perpendiculares y calculando la media. No se pudieron tomar las medidas del diámetro basal por dificultades técnicas de las siguientes especies: *Chamaerops humilis*, *Lavandula stoechas*, *Smilax aspera* y *Teucrium fruticans*.
- Altura de la copa '**hc**' (cm) desde la primera rama basal hasta arriba.
- Diámetro de la copa '**dc**' (cm), tomando dos medidas perpendiculares y calculando la media de ambas.

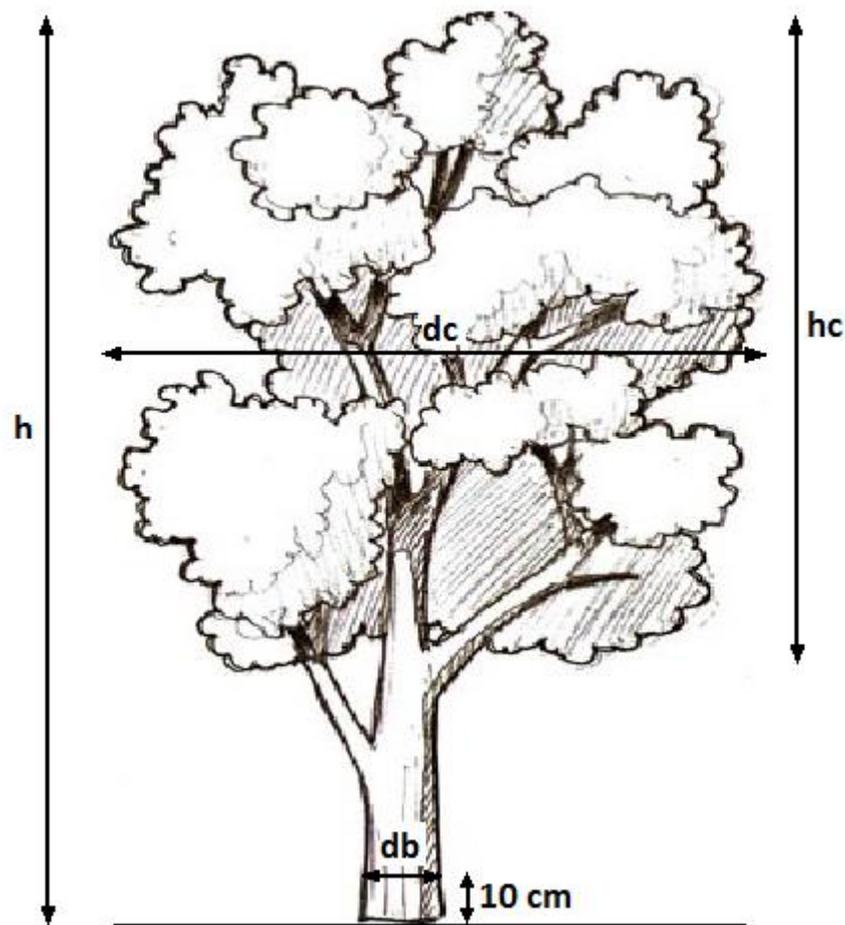


Figura 6. Croquis de las medidas llevadas a cabo en los ejemplares de las especies utilizadas en el Bosque de la UCO.

Los datos obtenidos se organizaron en una hoja de Excel y se representaron mediante gráficas utilizando los valores medios y la desviación estándar. Por medio de las representaciones gráficas también se detectaron y corrigieron los posibles errores cometidos tanto en la medición como en su inclusión en la base de datos. Para ello se utilizó el programa informático STATISTICA version 8.0 (StatSoft, Inc., 2007; www.statsoft.com), analizando los valores extremos y no lógicos.

Las medidas de las variables morfológicas de los individuos se tomaron durante los meses de invierno y primavera (Enero-Mayo 2016). Para medir los parámetros mencionados anteriormente se utilizó el siguiente material:

- Calibre digital.
- Cinta métrica.
- Rotulador para marcar el tronco (Pilot Super Color white).
- Varilla métrica manual.

Además de las características morfológicas, se estudió la supervivencia. Para ello se comparó el número de individuos vivos con el número total de individuos plantados inicialmente en dos épocas determinadas del año: (a) durante el invierno y la primavera de 2016 y (b) entre primavera de 2016 y septiembre de 2016, tras el verano.

Con todos los datos obtenidos se calcularon las siguientes variables:

- Cobertura. Se calculó del porcentaje de cobertura vegetal por especie calculando el área proyectada de los individuos y sumándolas por especie.
- Densidad (número de individuos por unidad de superficie).
- Índice de diversidad: considerando el número de especies y la proporción de cobertura (abundancia) de cada especie existente en un determinado lugar. Se calculó el índice de Shannon-Wiener según la siguiente fórmula, siendo “ p_i ” la abundancia relativa de cada especie y se realizaron diagramas de rango-abundancia.

$$H = - \sum p_i \cdot \ln p_i$$

- Riqueza de especies, S (número de especies).
- Sumidero de carbono: conociendo el volumen total de tallo por especie (suponiendo el tallo como un cono y calculando su volumen) y multiplicándolo por la densidad de madera de cada especie (Chave et al. 2009) y por un porcentaje de carbono del 50 %. La densidad de madera de las especies *Ceratonia siliqua* y *Marrubium vulgare* (de las que no se disponían datos) se obtuvo calculando la media de la densidad de madera de todas las especies de árboles y matorrales, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características morfológicas

Los datos de las medidas realizadas a todos los individuos se pueden ver en el Anexo.

Árboles

En las especies de árboles se observaron valores de altura entre 0,3 y 3,96 m (Fig. 7), siendo *Celtis australis*, *Fraxinus angustifolia*, *Populus alba* y *Populus nigra* las especies con los mayores valores medios de altura, mientras que *Phyllirea angustifolia*, *Pyrus bourgaeana* y *Quercus faginea* presentaron los valores medios más pequeños. En cuanto al diámetro basal del tallo, los valores variaron entre 2,05 y 110,94 mm (Fig. 8). Las especies que presentaron mayores valores medios fueron *Celtis australis*, *Pinus pinea*, *Populus alba* y *Quercus ilex*. Las especies con los valores medios más pequeños fueron *Phyllirea angustifolia*, *Pyrus bourgaeana* y *Quercus faginea*.

Con respecto a la copa, se registraron valores de altura entre 25 y 291 cm (Fig. 9), y valores de diámetro de la copa entre 7 y 230 cm (Fig. 10), destacando el único individuo de la especie *Populus nigra* por tener la copa más alta, aunque fue el individuo de la especie *Populus alba* el que presentó el mayor diámetro de copa. También destacaron las especies *Phyllirea angustifolia* y *Pyrus bourgaeana* por tener los menores valores medios tanto en altura como en diámetro de copa.

Se vio una gran variabilidad entre los valores de las variables morfológicas medidas, es decir, los individuos presentaron una morfología diversa. Esto es debido a que no todos los individuos, tanto dentro de una misma especie como entre especies, presentaban el mismo estado de desarrollo en el momento de la plantación inicial en febrero de 2015.

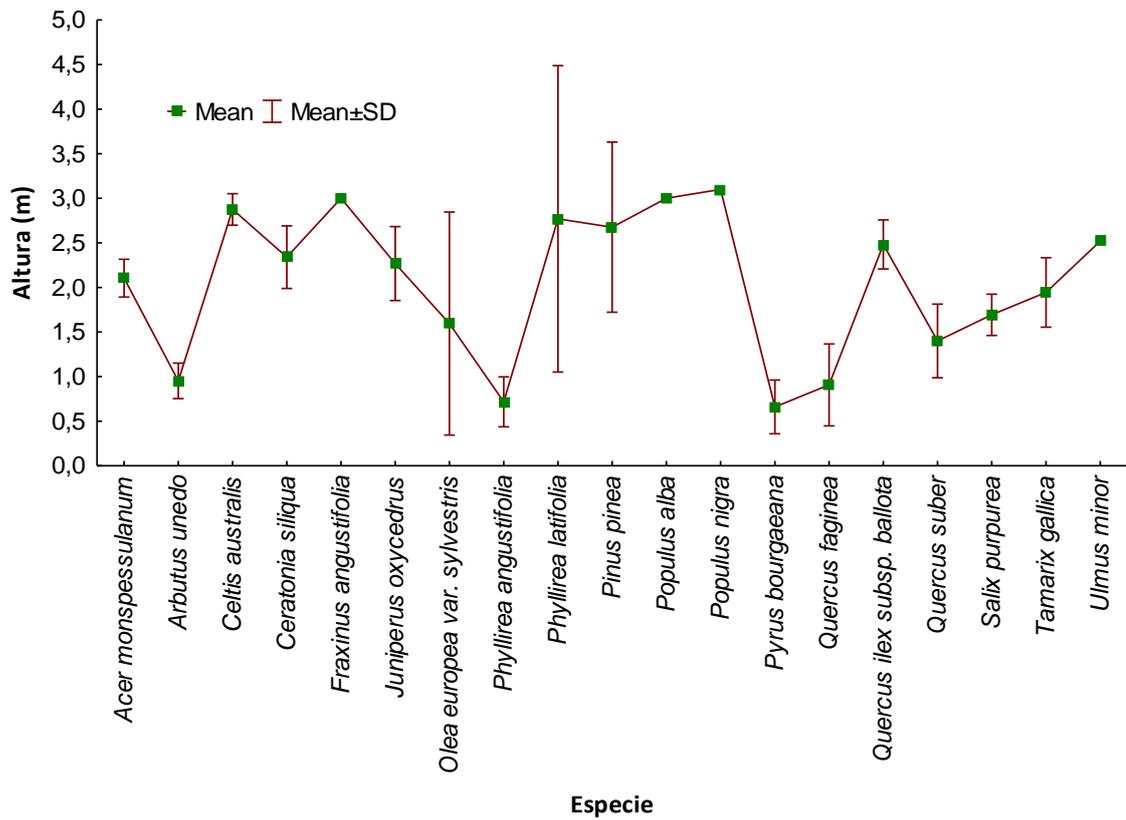


Figura 7. Valores de altura de las distintas especies de árboles plantadas en el Bosque de la UCO.

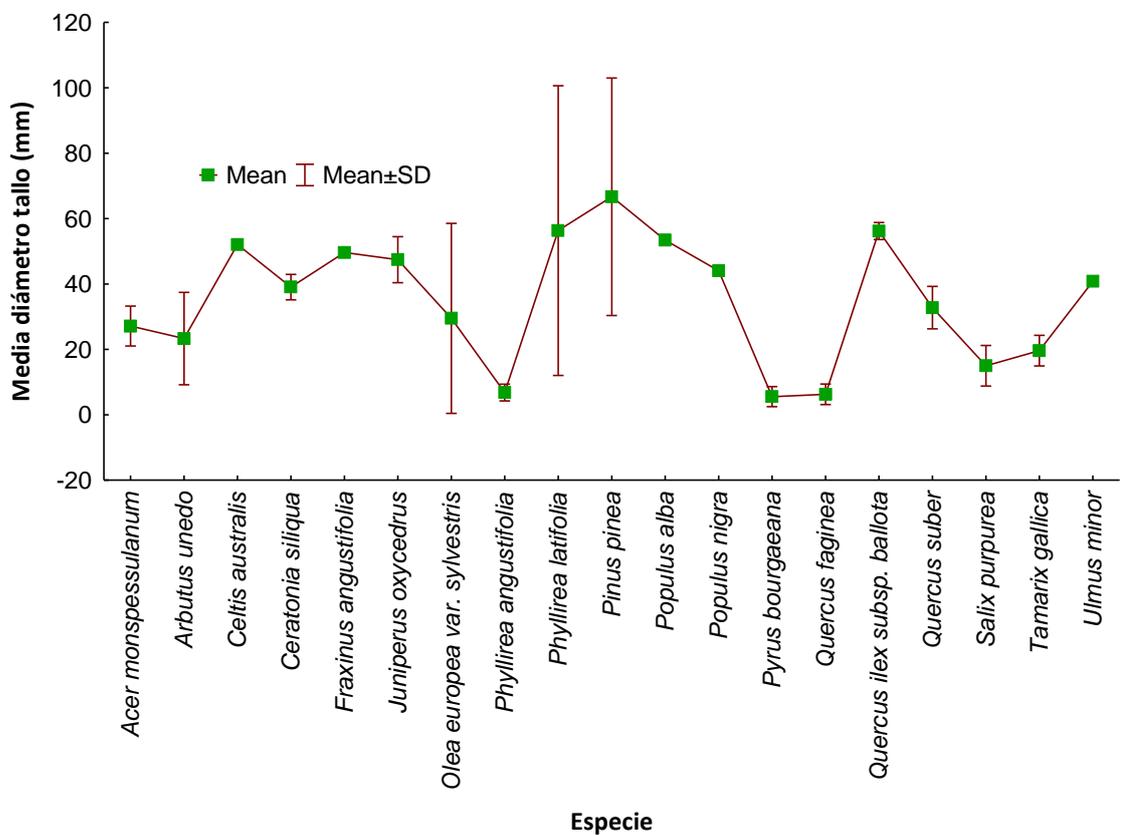


Figura 8. Valores del diámetro basal del tallo de las distintas especies de árboles plantadas en el Bosque de la UCO.

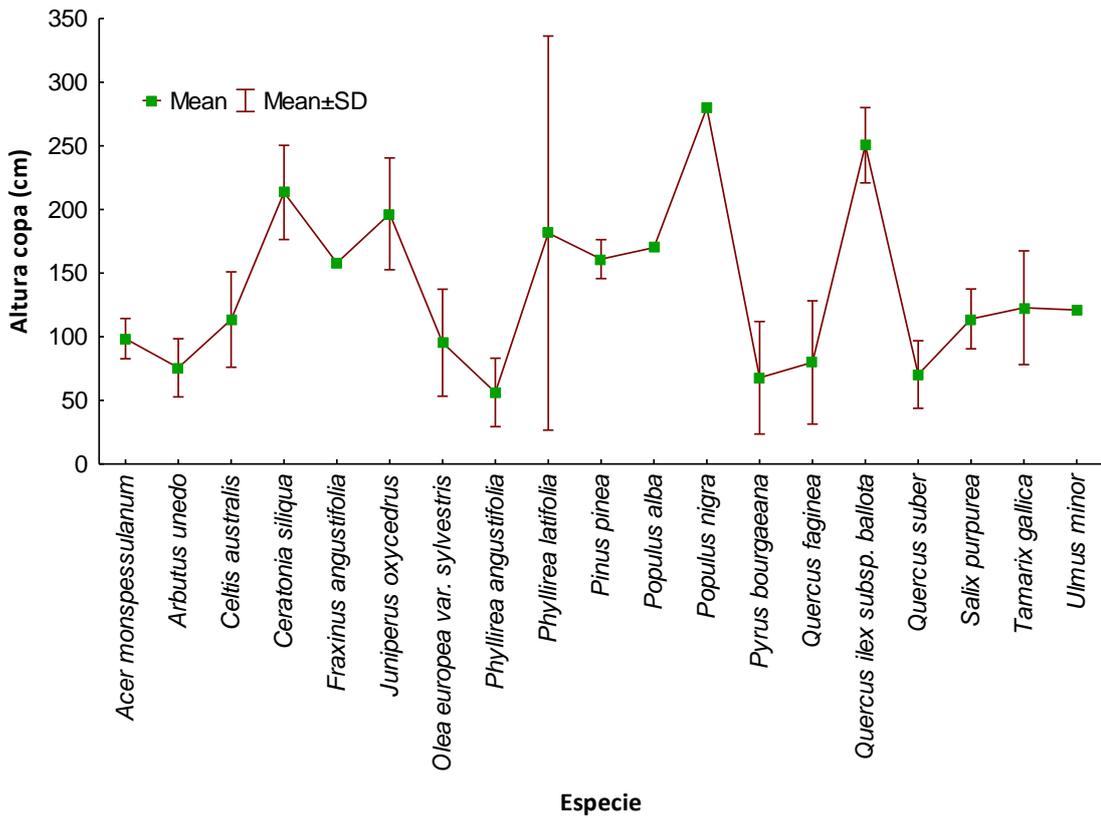


Figura 9. Valores de la altura de la copa de las distintas especies de árboles plantadas en el Bosque de la UCO.

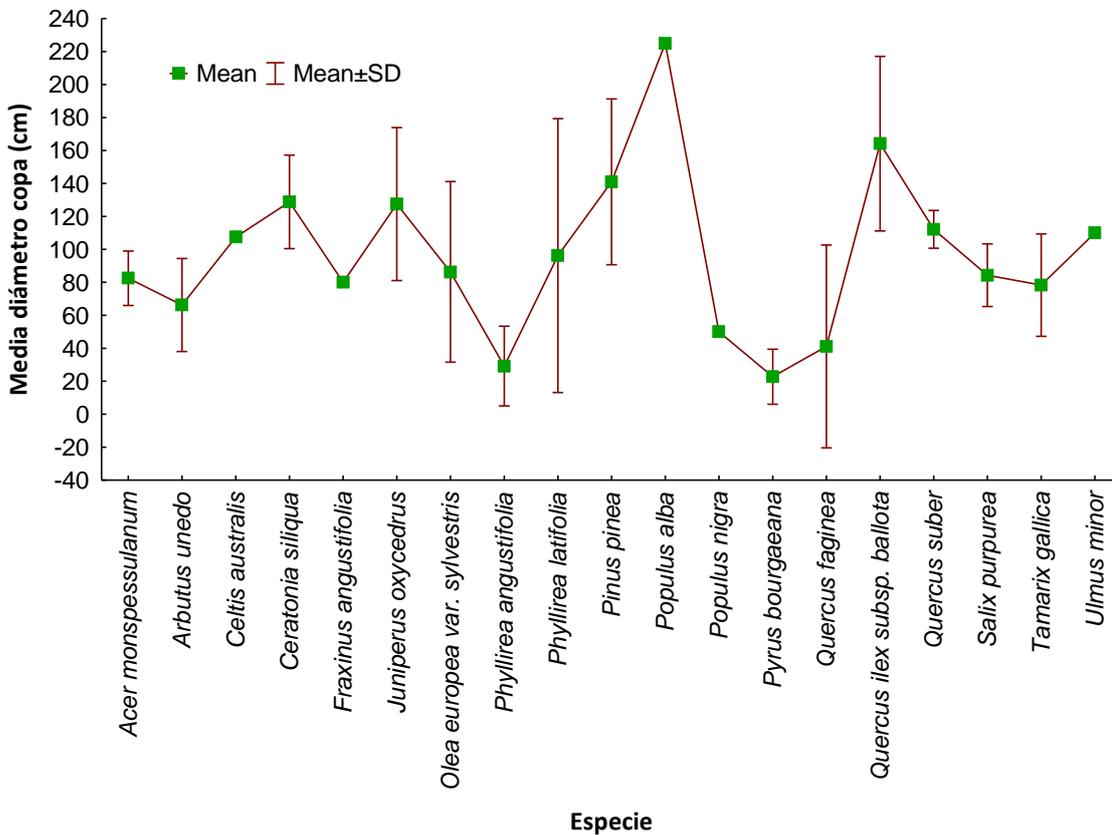


Figura 10. Valores del diámetro de la copa de las distintas especies de árboles plantadas en el Bosque de la UCO.

Matorrales

Entre las especies de matorrales destacó *Vitex agnus-castus* como la más alta y la que presentó mayor diámetro basal, seguida de *Viburnum tinus*, encontrándose un intervalo de alturas de entre 0,19 y 1,82 m (Fig. 11) y un rango de valores de diámetro basal entre 1,5 y 24,6 mm (Fig. 12). En referencia a la copa, se observaron valores de altura desde 5 hasta 153 cm (Fig. 13) y valores de diámetro de copa entre 2,6 y 145 cm (Fig. 14). Las especies que presentaron valores mayores de altura de la copa fueron *Teucrium fruticans*, *Viburnum tinus* y *Vitex agnus-castus*, mientras que solo *Teucrium fruticans* y *Vitex agnus-castus* mostraron los mayores valores de diámetro de copa, destacando también *Chamaerops humilis* con valores de diámetro de copa entre 95 y 120 cm.

Las especies de matorrales también presentaron una gran variabilidad en sus características morfológicas, debido al igual que en las especies de árboles a la diferencia de tamaños iniciales de los individuos en la plantación inicial.

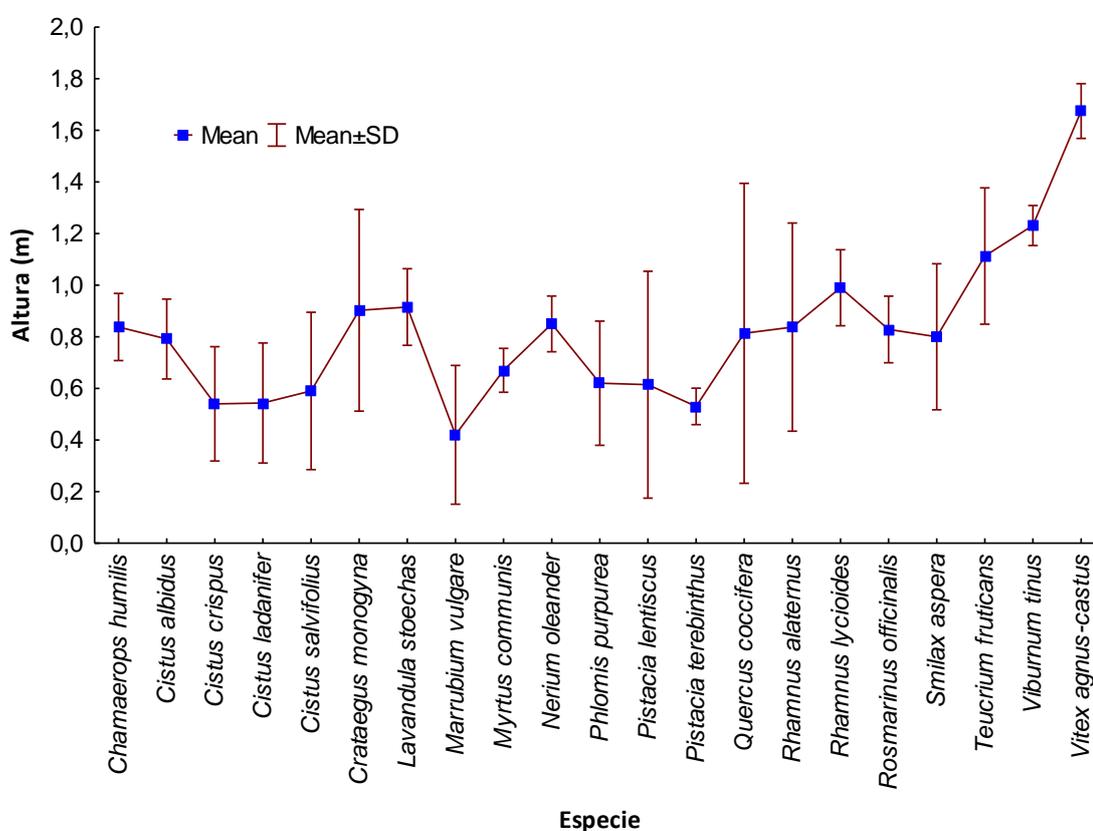


Figura 11. Valores de altura de las distintas especies de matorrales plantadas en el Bosque de la UCO.

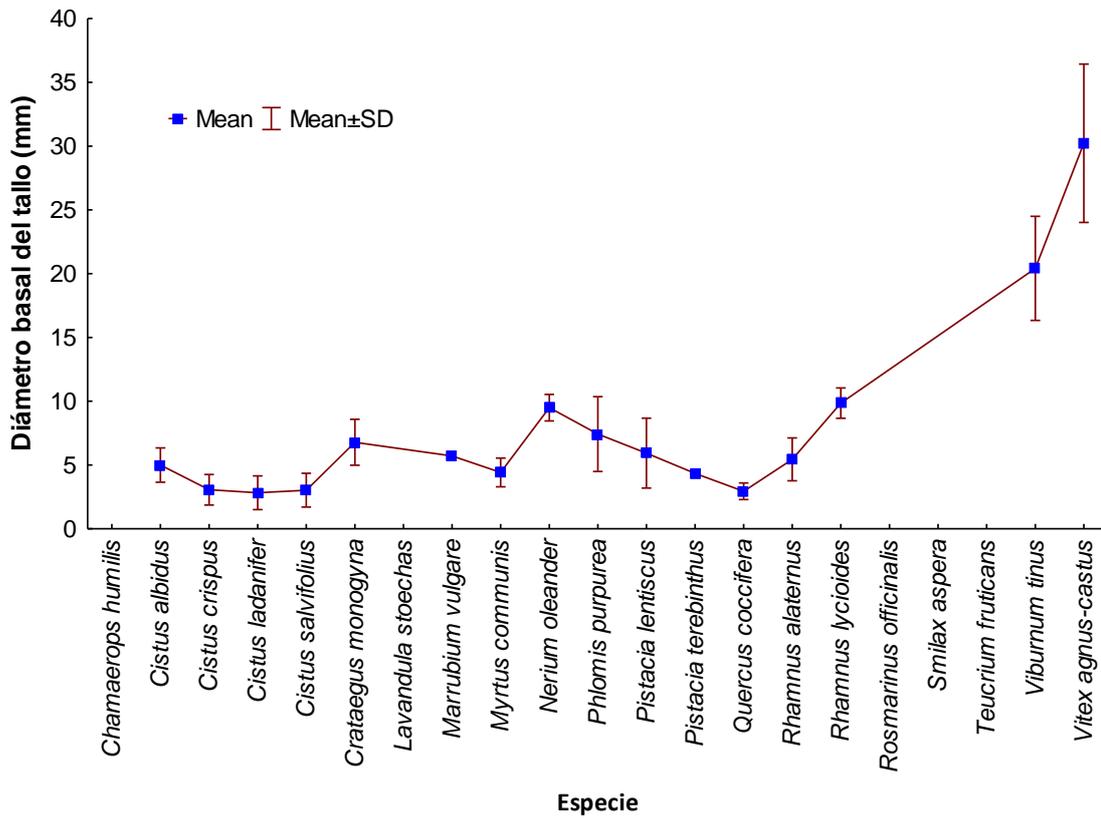


Figura 12. Valores del diámetro basal del tallo de las distintas especies de matorrales plantadas en el Bosque de la UCO.

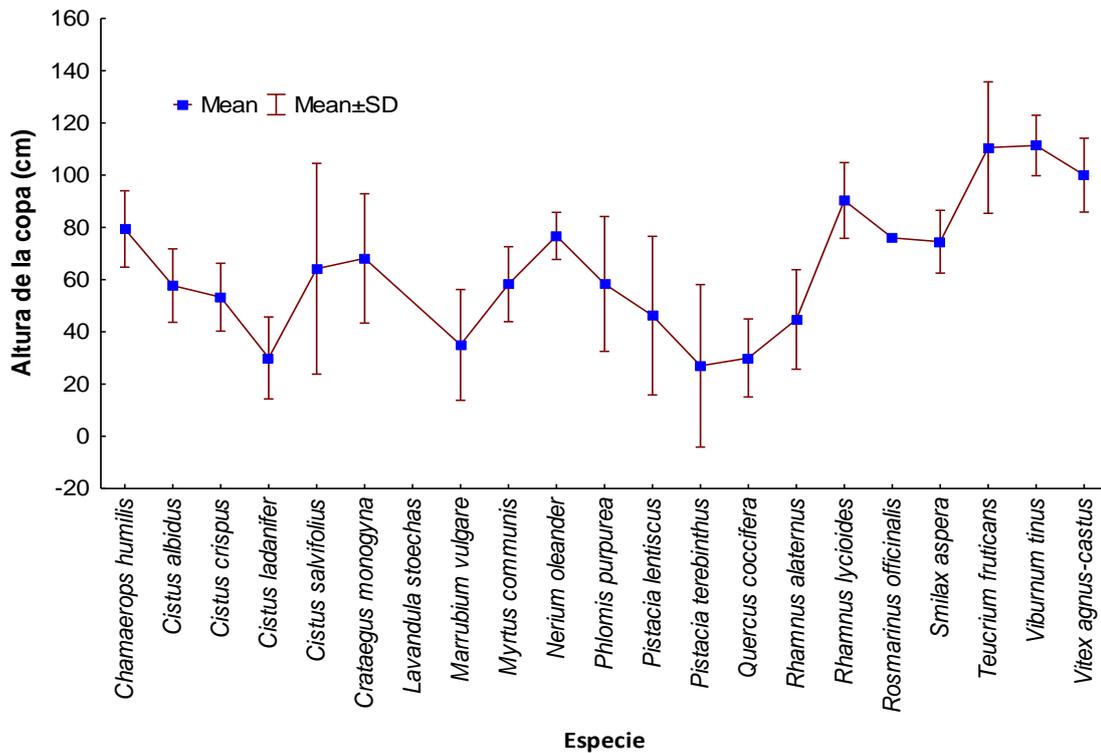


Figura 13. Valores de la altura de la copa de las distintas especies de matorrales plantadas en el Bosque de la UCO.

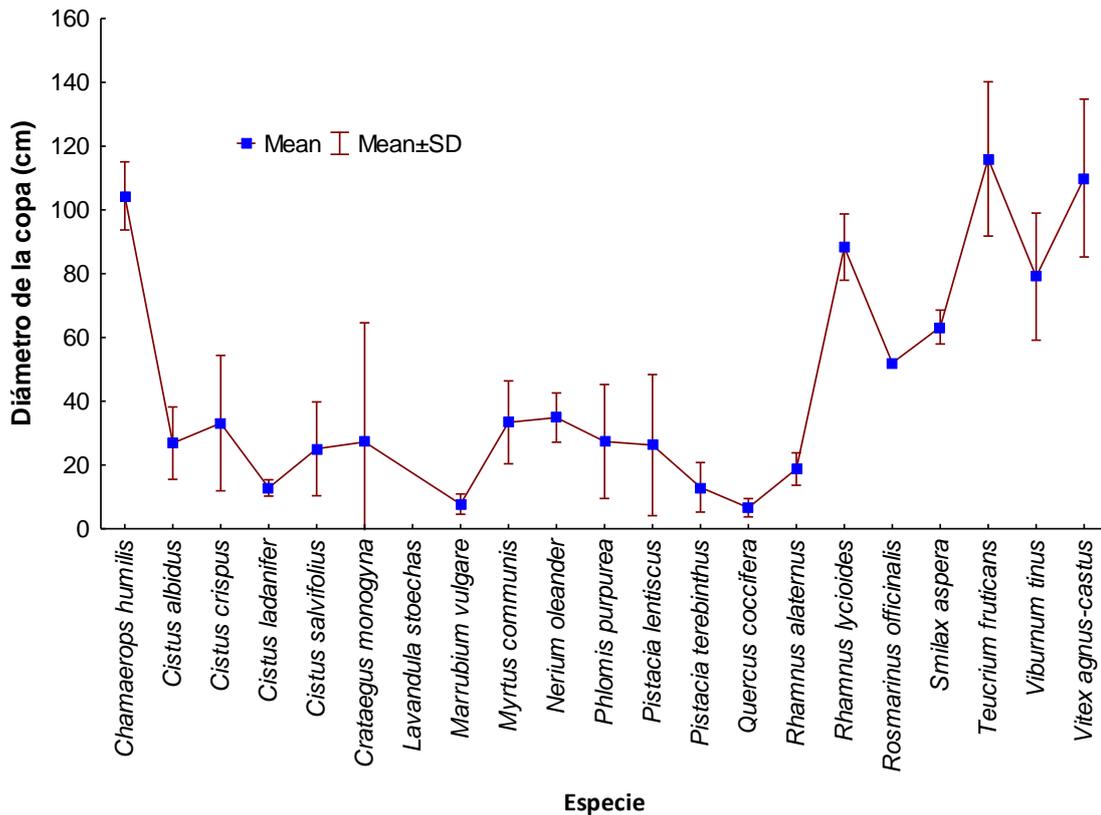


Figura 14. Valores del diámetro de la copa de las distintas especies de matorrales plantadas en el Bosque de la UCO.

Cobertura y Densidad

La cobertura ha sido utilizada para medir la abundancia de especies cuando la estimación de la densidad es muy difícil, pero principalmente la cobertura sirve para determinar la dominancia de especies o formas de vida (Matteucci y Colma, 1982).

La cobertura observada de las distintas especies de árboles fue del 1,68 % (67 m² en total), mientras que los matorrales presentaron una cobertura del 0,68 % (27,22 m² en total), dando un porcentaje de cobertura total del 2,36 % (94,22 m² de los 4000 m² totales de extensión del terreno del bosque). El bosque presentó una cobertura vegetal pequeña, que irá aumentado a medida que el bosque crezca.

La densidad total de individuos fue de 0,053 individuos por m², es decir, de 530 individuos por ha. La densidad de especies de árboles, de 230 individuos por ha, resultó ser algo menor que la densidad de especies de matorrales, de 300 individuos por ha. La densidad es el reflejo del impacto de una población en su ambiente. En una dehesa, la densidad media

es de 100 árboles por ha, por lo que aunque el impacto de la población vegetal del Bosque Universitario es pequeño en este momento, en unos años las copas de los árboles pueden llegar a cubrir bastante espacio, por lo que la densidad es comparativamente alta.

Riqueza y diversidad

El número de especies (S) observadas en la comunidad vegetal estudiada fue de 45, más concretamente de 20 especies de árboles y 25 especies de matorral.

Se evaluó la diversidad utilizando el Índice de Shannon-Wiener, que determina la diversidad de especies vegetales de un determinado hábitat. El índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies y su abundancia relativa, y toma valores entre 1 y 4,5, valores mayores de 3 indican mucha diversidad (Pla, 2006). Se obtuvo un índice de Shannon-Wiener de 4,447 (tablas 6 y 7), por lo que podríamos decir que la comunidad vegetal de estudio es muy diversa.

$$H = \sum p_i \cdot \ln p_i = 4.447$$

Tabla 6. Análisis de la diversidad de las especies de árboles mediante el índice de diversidad de Shannon-Wiener.

ESPECIES DE ÁRBOLES	Familia	Abundancia relativa (Pi)	Rango	$P_i * \ln P_i$
<i>Olea europea var. sylvestris</i>	Oleaceae	0,1020	1	-0,3360
<i>Quercus ilex subsp. ballota</i>	Fagaceae	0,0968	2	-0,3261
<i>Pinus pinea</i>	Pinaceae	0,0913	3	-0,3152
<i>Juniperus oxycedrus</i>	Cupressaceae	0,0749	4	-0,2801
<i>Ceratonia silicua</i>	Fabaceae	0,0718	5	-0,2728
<i>Populus alba</i>	Salicaceae	0,0422	6	-0,1926
<i>Acer monspessulanum</i>	Aceraceae	0,0352	7	-0,1698
<i>Arbutus unedo</i>	Ericaceae	0,0339	8	-0,1655
<i>Quercus suber</i>	Fagaceae	0,0317	9	-0,1577
<i>Tamarix gallica</i>	Tamaricaceae	0,0288	10	-0,1472
<i>Quercus faginea</i>	Fagaceae	0,0242	11	-0,1300
<i>Phyllirea latifolia</i>	Oleaceae	0,0212	12	-0,1178
<i>Salix purpurea</i>	Salicaceae	0,0184	13	-0,1060
<i>Ulmus minor</i>	Ulmaceae	0,0101	14	-0,0668
<i>Celtis australis</i>	Cannabaceae	0,0096	15	-0,0645
<i>Phyllirea angustifolia</i>	Oleaceae	0,0091	16	-0,0616
<i>Fraxinus angustifolia</i>	Rosaceae	0,0053	17	-0,0402
<i>Pyrus bourgaeana</i>	Oleaceae	0,0024	18	-0,0210
<i>Populus nigra</i>	Salicaceae	0,0021	19	-0,0185
TOTAL				-2,9894

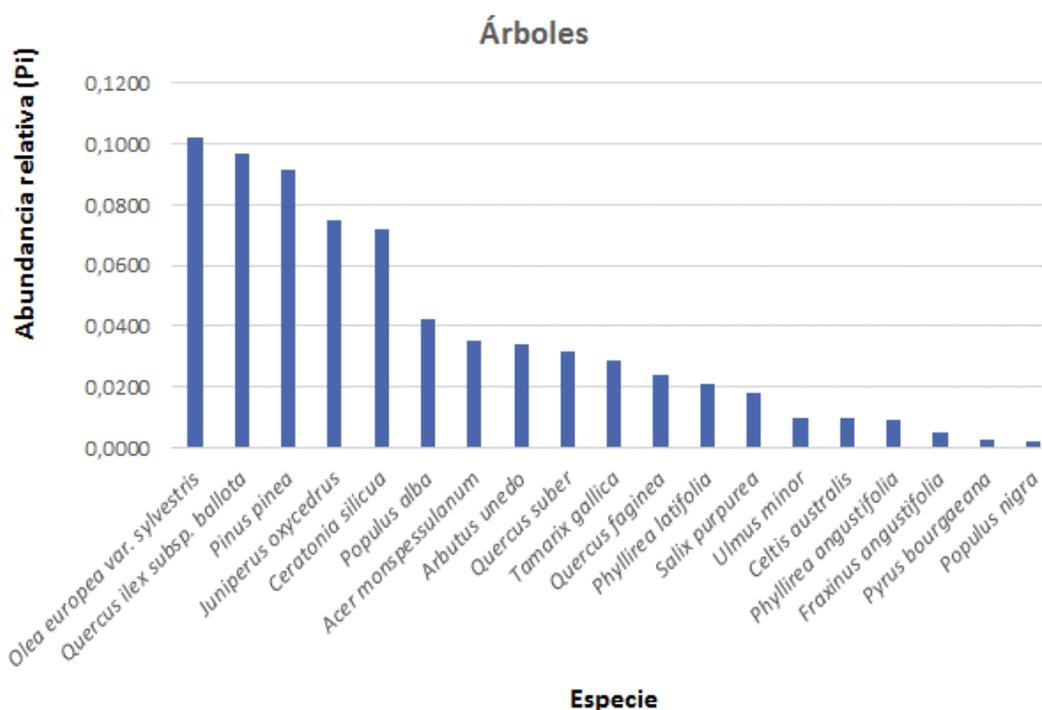


Figura 15. Representación gráfica de la abundancia relativa (Pi) de las especies de árboles.

Tabla 7. Análisis de la diversidad de las especies de matorrales mediante el índice de Shannon-Wiener.

ESPECIES DE MATORRALES	Familia	Abundancia relativa (Pi)	Rango	$P_i * \ln P_i$
<i>Teucrium fruticans</i>	Lamiaceae	0,0814	1	-0,2946
<i>Chamaerops humilis</i>	Corypheeae	0,0458	2	-0,2037
<i>Viburnum tinus</i>	Adoxaceae	0,0440	3	-0,1982
<i>Vitex agnus-castus</i>	Lamiaceae	0,0207	4	-0,1157
<i>Rhamnus lycioides</i>	Rhamnaceae	0,0197	5	-0,1115
<i>Phlomis purpurea</i>	Lamioideae	0,0175	6	-0,1023
<i>Pistacia lentiscus</i>	Anacardiaceae	0,0133	7	-0,0831
<i>Crataegus monogyna</i>	Malineae	0,0131	8	-0,0818
<i>Smilax aspera</i>	Smilacaceae	0,0067	9	-0,0483
<i>Cistus albidus</i>	Cistaceae	0,0049	10	-0,0373
<i>Cistus crispus</i>	Cistaceae	0,0048	11	-0,0368
<i>Nerium oleander</i>	Apocynaceae	0,0042	12	-0,0331
<i>Myrtus communis</i>	Myrtaceae	0,0041	13	-0,0327
<i>Cistus salvifolius</i>	Cistaceae	0,0040	14	-0,0321
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Lamiaceae	0,0023	15	-0,0198
<i>Rhamnus alaternus</i>	Rhamnaceae	0,0012	16	-0,0119
<i>Cistus ladanifer</i>	Cistaceae	0,0004	17	-0,0047
<i>Pistacia terebinthus</i>	Anacardiaceae	0,0003	18	-0,0038
<i>Quercus coccifera</i>	Fagaceae	0,0003	19	-0,0030
<i>Marrubium vulgare</i>	Lamiaceae	0,0001	20	-0,0014
<i>Lavandula stoechas</i>	Lamiaceae	0,0000	21	0
TOTAL				-1,4558

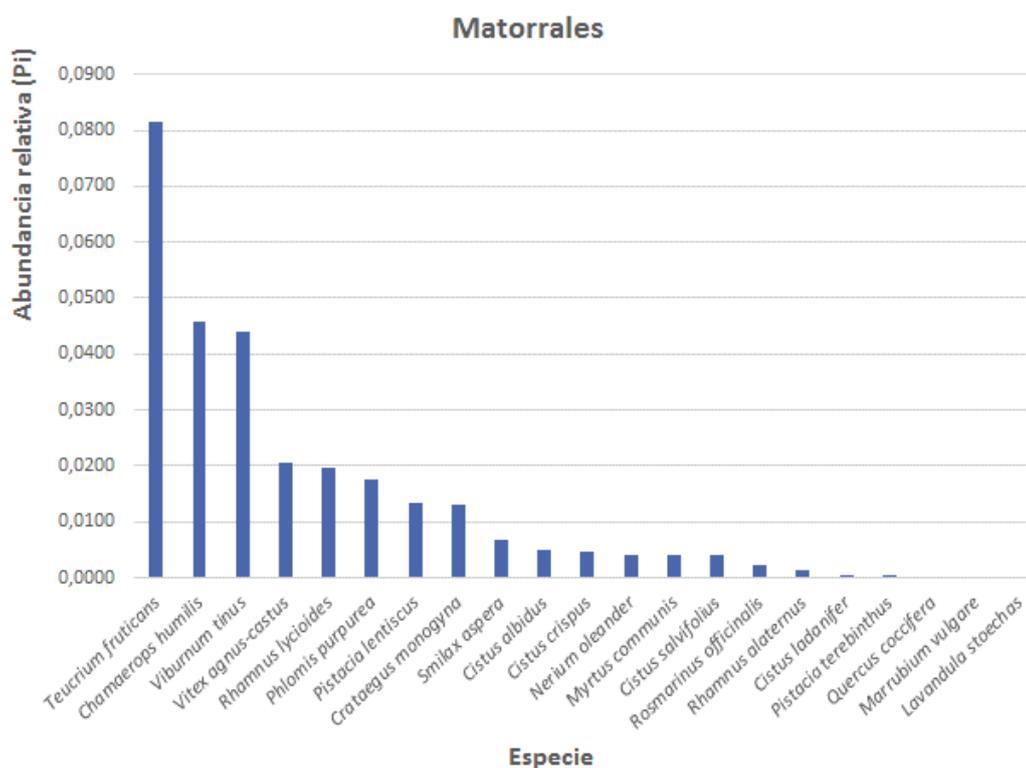


Figura 16. Representación gráfica de la abundancia relativa (Pi) de las especies de matorrales.

Además de la gran diversidad vegetal, observamos en los diagramas de abundancia que la población de especies de árboles se aproximaba a una distribución normal-logarítmica (Fig. 15), la más frecuente entre comunidades. La distribución normal-logarítmica refleja un mayor número de especies con abundancia intermedia, y puede ser un buen indicador para una extensa, madura y variada comunidad natural (Aguirre Calderón et al., 2008). La especie de árbol con mayor abundancia relativa fue el acebuche (*Olea europea*), seguido de la encina (*Quercus ilex*) y del pino piñonero (*Pinus pinea*), mientras que la especie con menor abundancia relativa fue el álamo negro (*Populus nigra*).

La población de matorrales se aproximaba a una distribución logarítmica (Fig. 16), en la que las especies de abundancia intermedia son comunes pero con menor equidad que en la distribución normal-logarítmica. Se observó una especie, *Teucriums fruticans*, cuya abundancia relativa destacó mucho por encima de las demás, y tres especies: *Quercus coccifera*, *Marrubium vulgare* y *Lavandula stoechas*, cuya abundancia relativa fue extremadamente pequeña. Las demás especies presentaban en general una abundancia relativa intermedia. Se observó en las especies de matorrales en general una menor abundancia relativa que en las especies de árboles.

Sumidero de carbono

Observamos que las especies con mayor capacidad de almacenaje de carbono fueron en su mayoría árboles, teniendo en cuenta la diferencia de tamaño medio con los matorrales. Destacó *Olea europaea*, con capacidad de fijar 4416,45 g de carbono, debido a su abundancia además de a su tamaño, mientras que la especie de árbol que mostró menor capacidad de fijación fue *Pyrus bourgaeana*, con 51,39 g. El matorral que mayor capacidad de almacenaje presentó fue *Viburnum tinus*, siendo de los de mayor abundancia, mientras que el de menor capacidad fue *Marrubium vulgare*. El conjunto de individuos de las especies de árboles tenían una capacidad de almacén de 26270,51 g de carbono, bastante mayor que la del conjunto de las especies de matorrales, que es de 1889,34 g.

Tabla 8. Cantidad de carbono almacenado por las distintas especies utilizadas en el bosque.

ESPECIE	Volumen total (cm ³)	Densidad madera (g/cm ³)	Sumidero de Carbono (g de C)
<i>Acer monspessulanum</i>	4224,23	0,525	1109,30
<i>Arbutus unedo</i>	2014,80	0,507	511,03
<i>Celtis australis</i>	1499,51	0,575	430,78
<i>Ceratonia siliqua</i>	4818,06	0,561	1352,11
<i>Cistus albidus</i>	302,68	0,616	93,20
<i>Cistus crispus</i>	91,29	0,676	30,85
<i>Cistus ladanifer</i>	54,12	0,634	17,17
<i>Cistus salvifolius</i>	132,35	0,589	38,98
<i>Crataegus monogyna</i>	561,70	0,626	175,69
<i>Fraxinus angustifolia</i>	1559,49	0,509	396,99
<i>Juniperus oxycedrus</i>	5527,55	0,517	1427,77
<i>Marrubium vulgare</i>	13,75	0,566	3,89
<i>Myrtus communis</i>	124,60	0,603	37,56
<i>Nerium oleander</i>	341,28	0,320	54,58
<i>Olea europea var. sylvestris</i>	9678,20	0,913	4416,45
<i>Phlomis purpurea</i>	1023,79	0,412	211,02
<i>Phyllirea angustifolia</i>	511,45	0,629	160,92
<i>Phyllirea latifolia</i>	764,47	0,544	207,83
<i>Pinus pinea</i>	10745,98	0,500	2686,49
<i>Pistacia lentiscus</i>	665,48	0,559	186,03
<i>Pistacia terebinthus</i>	48,29	0,581	14,02
<i>Populus alba</i>	1678,56	0,401	336,26
<i>Populus nigra</i>	1430,33	0,353	252,46
<i>Pyrus bourgaeana</i>	182,40	0,563	51,39
<i>Quercus coccifera</i>	169,46	0,663	56,14
<i>Quercus faginea</i>	495,45	0,578	143,21
<i>Quercus ilex subsp. ballota</i>	5863,73	0,670	1965,18
<i>Quercus suber</i>	1938,24	0,770	746,22
<i>Rhamnus alaternus</i>	190,17	0,552	52,47
<i>Rhamnus lycioides</i>	307,97	0,552	84,97
<i>Salix purpurea</i>	1641,11	0,460	377,46
<i>Tamarix gallica</i>	2017,96	0,594	599,43
<i>Ulmus minor</i>	1076,43	0,495	266,31
<i>Viburnum tinus</i>	2108,95	0,469	495,05
<i>Vitex agnus-castus</i>	1067,32	0,633	337,72

La cantidad total estimada de carbono almacenada por el bosque completo sería de 28,16 kg aproximadamente. Hay que tener en cuenta que a medida que crezca el bosque, su capacidad de almacenamiento de carbono irá aumentando.

Según las indicaciones del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC), la tasa de emisión anual correspondiente a cada habitante del planeta para el año 2020, debería ser de 1,4 toneladas de CO₂ anuales. Sin embargo, los valores actuales están muy por encima, las emisiones de CO₂ mundiales en 2011 fueron de 4,95 toneladas métricas per cápita (Datos Banco Mundial, 2016), y cada año van en aumento. Solamente los coches particulares son responsables del 12 % de las emisiones de los GEI. Los motores de gasolina emiten 2,3 kg de CO₂ (0,63 kg de carbono) por cada litro de gasolina quemado y los motores diésel 2,6 kg de CO₂ (0,71 kg de carbono) por cada litro de gasóleo. Por lo que los 28,16 kg de carbono almacenado en el bosque equivaldrían al carbono quemado tras 44,7 L consumidos de un motor de gasolina y al carbono quemado tras 40,08 L consumidos de un motor de gasóleo, es decir, entre 550 y 600 km aproximadamente.

Los principales sumideros de carbono son los océanos (absorben el 50 % de las emisiones), los suelos y los bosques, que también captan un gran porcentaje del carbono emitido a la atmósfera. El área total de los bosques del mundo es de aproximadamente 3,4 billones de ha, y tienen la capacidad de absorber una tercera parte de nuestras emisiones, aproximadamente unas 2.400 millones de toneladas de carbono por año. En este hecho radica la importancia del uso de ecosistemas forestales para combatir el cambio climático.

Supervivencia

Las especies de árboles mostraron desde la plantación inicial en febrero de 2015 hasta el primer seguimiento en primavera de 2016 una supervivencia del 93,27 % mientras que en el segundo seguimiento, en septiembre de 2016, la supervivencia disminuyó hasta el 78,35 % (Fig. 17). Las especies de árboles que mostraron un 100 % de supervivencia fueron:

- *Celtis australis*.
- *Ceratonia siliqua*.
- *Fraxinus angustifolia*.

- *Juniperus oxycedrus*.
- *Pinus pinea*.
- *Populus alba* y *Populus nigra*.
- *Quercus pirenaica*.
- *Tamarix gallica*.
- *Ulmus minor*.

Las especies de árboles que presentaron una menor supervivencia fueron:

- *Phyllirea angustifolia*, con un 41,67 %.
- *Pyrus bourgaeana*, con un 10 %.

Por otro lado, en las especies de matorrales la supervivencia (Fig. 18) fue más baja, aunque se mantuvo constante entre los dos seguimientos. La supervivencia desde la plantación inicial en febrero de 2015 hasta la primavera de 2016 fue del 78,70 % y desde la primavera de 2016 hasta septiembre de 2016, la supervivencia fue del 75,94 %. Las especies de matorrales que presentaron un 100 % de supervivencia fueron:

- *Chamaerops humilis*.
- *Nerium oleander*.
- *Rhamnus alaternus*.
- *Smilax aspera*.
- *Viburnum tinus*.

Las especies de matorrales que mostraron una menor supervivencia fueron:

- *Lavandula stoechas*, con un 0 %.
- *Quercus coccifera*, con un 18,9 %.
- *Rosmarinus officinalis*, con un 11.1%.

En general la supervivencia del Bosque fue de un 64,84 %. Podemos decir que la supervivencia fue comparativamente alta, en parte gracias a la colocación de riego por goteo, así como al hecho de haber usado especies autóctonas y generalmente resistentes a la sequía.

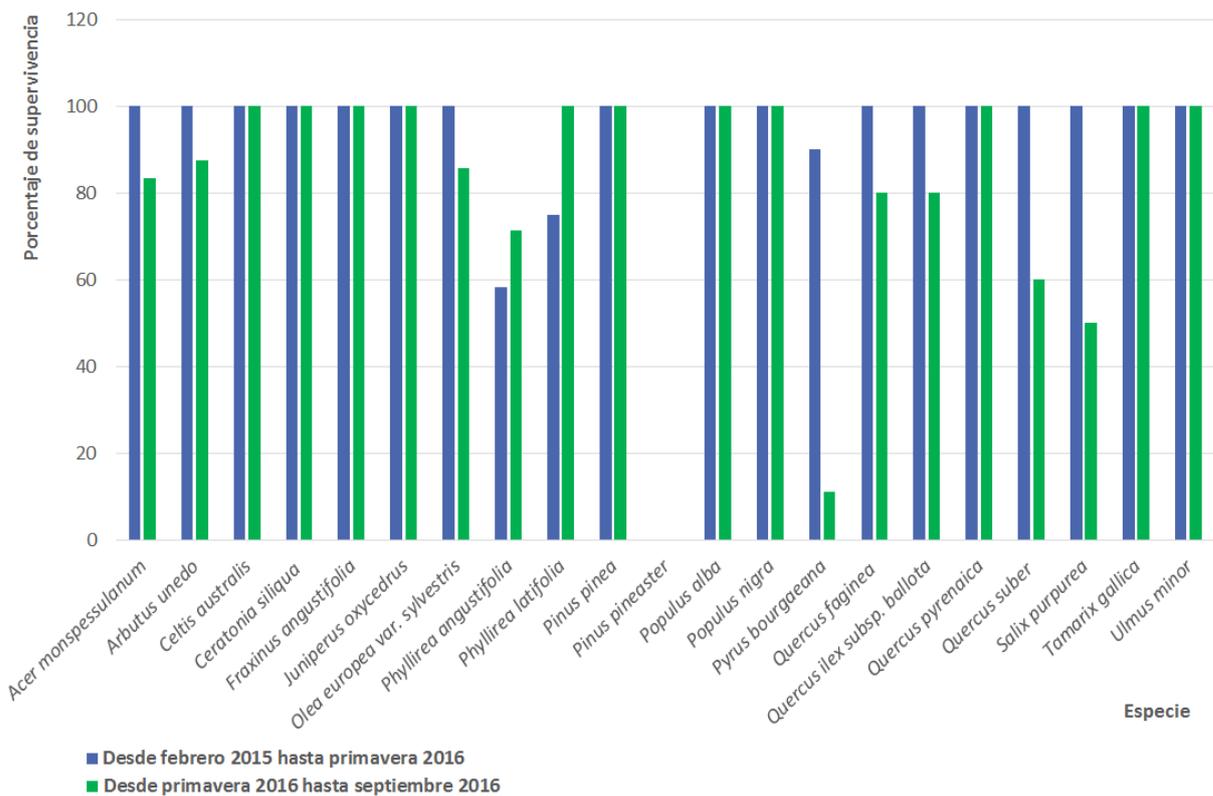


Figura 17. Supervivencia de las distintas especies de árboles desde la plantación medidas en los meses de primavera de 2016 y tras la sequía estival, en septiembre de 2016.

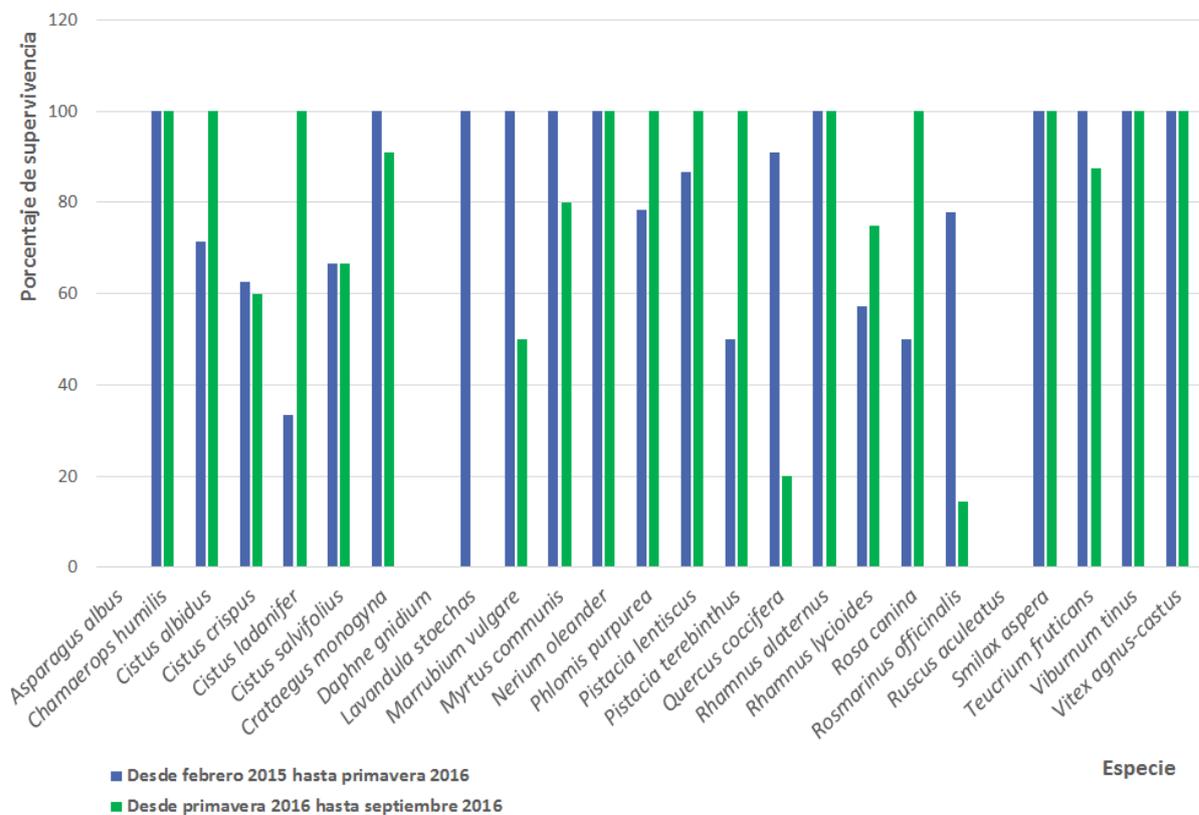


Figura 18. Supervivencia de las distintas especies de matorrales desde la plantación medidas en los meses de primavera de 2016 y tras la sequía estival, en septiembre de 2016.

CONCLUSIONES

- Las características morfológicas de las especies usadas en el Bosque son muy variables, debido a la gran diversidad que presentó la comunidad vegetal además de a los diferentes tamaños iniciales que se utilizaron.
- El porcentaje de cobertura vegetal en general es pequeño, esto se debe a que la plantación es reciente y a que la mayoría de los individuos que constituyen el Bosque son aún muy jóvenes, están poco desarrollados. Sin embargo la densidad es alta y, a medida que el Bosque crezca, sus copas cubrirán mayor superficie del terreno.
- El Bosque presento una diversidad muy alta, debido al gran número de especies distintas utilizadas y a que sus abundancias relativas fueron similares.
- El carbono almacenado por el Bosque de la UCO no es mucho actualmente, corresponde aproximadamente al que emite un coche cada 500 km, es por esto que el incremento y mantenimiento de los bosques autóctonos es una forma sostenible de combatir el cambio climático por su gran capacidad de almacenar carbono.
- La reforestación del Bosque de la UCO ha sido exitosa en general. La supervivencia de los individuos se ha debido fundamentalmente al uso de especies autóctonas, que poseen características que las hacen adecuadas para adaptarse a posibles cambios en el entorno y en parte al riego por goteo. Las razones más frecuentes de mortalidad han sido los cambios estacionales y la pérdida del individuo por labores de mantenimiento del Bosque Universitario.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre Calderón, O. A., J. Corral Rivas, B. Vargas Larreta and J. Jiménez Pérez. 2008. Evaluación de modelos de diversidad-abundancia del estrato arbóreo en un bosque de niebla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31:281-289.
- Chave J, Coomes DA, Jansen S, Lewis SL, Swenson NG, Zanne AE. 2009. Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology Letters* 12(4): 351-366. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01285.x>
- Costa Pérez, j.c., y Valle Tendero, F. 2004. Modelos de Restauración Forestal: datos botánicos aplicados a la gestión del medio natural andaluz III: modelos de gestión de la vegetación. Consejería de Medio Ambiente, Dirección General de Gestión del Medio Natural. Junta de Andalucía. 512 págs.
- Jordano, D., 2015, "Borrador de Proyecto Bosque Universitario Sostenible del Campus de Rabanales". Área de Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad de Córdoba. Informe técnico.
- Matteucci, S. D. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Sec. Gen. OEA. 168 pp.
- Ordóñez, J.A.B. y O. Masera. 2001. La captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques* 7(1), 3-12
- Pla, Laura. 2006. Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8), 583-590. Recuperado en 18 de agosto de 2016, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000800008&lng=es&tlng=es
- StatSoft, Inc. 2007. STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. www.statsoft.com.

Zanne AE, Lopez-Gonzalez G, Coomes DA, Ilic J, Jansen S, Lewis SL, Miller RB, Swenson NG, Wiemann MC, Chave J. 2009. Data from: Towards a worldwide wood economics spectrum. Dryad Digital Repository. <http://dx.doi.org/10.5061/dryad.234>

WEBGRAFÍA

AEMet. (2015). Resumen Estacional Climatológico: Otoño 2015 [PDF File]. Retrieved 15 July 2016, from http://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/resumenes_climat/estacionales/2015/Est_otono_2015.pdf

Andalucia-web. (2016) Clima: Provincia de Córdoba. Retrieved 10 September 2016, from http://www.andalucia-web.net/clima_cordoba.htm

Bosque Universitario. (2016). Universidad de Córdoba: Dirección General de Prevención y Protección Ambiental. Retrieved 12 July 2016, from <http://www.uco.es/servicios/dgppa/index.php/proteccion-ambiental/biodiversidad/bosque>

Bosque Urbano de Málaga. (2016). Quiénes somos. Málaga (España). Retrieved 10 August 2016, from <http://bosqueurbanomalaga.org/index.php/quienes-somos/>

Datos Banco Mundial (2016). Emisiones de CO2 (toneladas métricas per cápita). Retrieved 13 September 2016, from <http://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC?end=2011&start=2000>

Keele University. (2016). About the Arboretum. Keele (United Kingdom) Retrieved 10 August 2016, from <http://www.keele.ac.uk/arboretum/aboutthearboretum/>

Madrid. (2016). Casa de Campo. Madrid (España). Retrieved 19 August 2016, from <http://www.esmadrid.com/informacion-turistica/casa-de-campo>

Moya, M. (2016). Verano 2016 en Córdoba. Naturaclima: Climatología y meteorología de Córdoba. Retrieved 14 July 2016 from <https://naturaclima.blogspot.com.es/2016/09/verano-2016-en-cordoba.html>

Sustainability Exchange. (2016). Biodiversity on Campus: An EAUC Practical Guide. United Kingdom. Retrieved 10 August 2016, from http://www.sustainabilityexchange.ac.uk/eauc_biodiversity_guide

The Plant List (2013). Version 1.1. Retrieved 14 July 2016 from <http://www.theplantlist.org/>

Madrid. (2016). Casa de Campo. Madrid (España). Retrieved 19 August 2016, from <http://www.esmadrid.com/informacion-turistica/casa-de-campo>

ANEXO: TABLA DE MEDIDAS DE LAS ESPECIES PLANTADAS

Especie	Núm	Etiqu	Altura (m)	Diámetro tallo 1 (mm)	Diámetro tallo 2 (mm)	Media diámetro tallo	Altura copa (cm)	Diámetro copa 1 (cm)	Diámetro copa 2 (cm)	Media diámetro copa (cm)
Acer monspessulanum	6	24	2,15	36,88	37,12	37	80	90	90	90
Acer monspessulanum	3	41	2,30	24,35	25,11	24,73	-	-	-	-
Acer monspessulanum	4	42	2,10	23,79	23,21	23,5	98	85	110	97,5
Acer monspessulanum	5	44	2,24	26,83	26,44	26,635	118	91	90	90,5
Acer monspessulanum	1	63	2,18	25,72	25,4	25,56	111	104	2	53
Acer monspessulanum	2	64	2,11	32,57	34,38	33,475	104	72	75	73,5
Acer monspessulanum	3	78	1,65	19,55	18,74	19,145	80	91	90	90,5
Arbutus unedo	7	22	0,64	6,72	6,24	6,48	43	15	15	15
Arbutus unedo	3	43	1,00	23,08	23,01	23,045	89	79	85	82
Arbutus unedo	5	49	1,20	47,2	48	47,6	110	95	96	95,5
Arbutus unedo	1	62	0,96	35,57	33,8	34,685	69	74	72	73
Arbutus unedo	8	75	1,22	26,13	27,02	26,575	99	88	85	86,5
Arbutus unedo	4	84	0,75	17,18	16,64	16,91	51	31	59	45
Arbutus unedo	6	90	0,88	4,56	5,5	5,03	69	40	50	45
Arbutus unedo	2	91	0,97	24,4	27,68	26,04	75	96	80	88
Celtis australis		154	2,75	51,99	52,15	52,07	140	110	105	107,5
Celtis australis	2	177	3,00	-	-	-	87	-	-	-
Ceratonía silicua	1	15	2,35	38,84	38,92	38,88	209	160	180	170
Ceratonía silicua	2	27	2,39	39,42	39,56	39,49	209	50	135	92,5
Ceratonía silicua	3	29	2,86	44,19	44,23	44,21	272	125	150	137,5
Ceratonía silicua	5	30	1,89	39,3	39,46	39,38	169	117	136	126,5
Ceratonía silicua	4	35	2,21	33,6	32,89	33,245	208	120	115	117,5
Chamaerops humilis	5	1	0,93	-	-	-	84	124	96	110
Chamaerops humilis	4	3	0,77	-	-	-	71	101	89	95
Chamaerops humilis	3	4	0,91	-	-	-	81	106	98	102
Chamaerops humilis	1	16	0,94	-	-	-	100	100	140	120
Chamaerops humilis	2	17	0,64	-	-	-	61	90	100	95
Cistus albidus	2	134	1,03	7,41	7,55	7,48	65	46	34	40
Cistus albidus	3	135	0,77	4,92	5,01	4,965	48	17	20	18,5
Cistus albidus	4	136	0,86	5,15	5,18	5,165	77	44	19	31,5
Cistus albidus	51	140	0,53	3,02	2,99	3,005	50	49	28	38,5
Cistus albidus	1	141	0,82	5,09	5,07	5,08	35	13	11	12
Cistus albidus	52	157	0,69	4,15	4,22	4,185	64	18	13	15,5
Cistus albidus	54	196	0,84	5,06	5,15	5,105	65	39	25	32
Cistus crispus	50	111	0,77	3,88	3,94	3,91	40	80	46	63
Cistus crispus	2	128	0,68	4,4	4,37	4,385	60	24	29	26,5
Cistus crispus	4	131	0,38	1,57	1,63	1,6	45	19	7	13
Cistus crispus	5	132	0,63	3,32	3,4	3,36	68	40	20	30
Cistus crispus	3	180	0,24	2,02	2,05	2,035	-	-	-	-
Cistus ladanifer	1	25	0,44	2,85	2,78	2,815	23	10	10	10
Cistus ladanifer	50	26	0,38	1,49	1,52	1,505	19	15	15	15
Cistus ladanifer	51	113	0,81	4,17	4,12	4,145	48	13	14	13,5

Especie	Núm	Etiq	Altura (m)	Diámetro tallo 1 (mm)	Diámetro tallo 2 (mm)	Media diámetro tallo	Altura copa (cm)	Diámetro copa 1 (cm)	Diámetro copa 2 (cm)	Media diámetro copa (cm)
Crataegus monogyna	11	69	1,60	9,36	10,02	9,69	85	49	9	29
Crataegus monogyna	10	71	1,12	7,95	6,92	7,435	41	26	13	19,5
Crataegus monogyna	9	81	0,47	5,76	5,84	5,8	84	5	3	4
Crataegus monogyna		97	0,85	6,13	6,2	6,165	64	11	10	10,5
Crataegus monogyna	6	100	1,16	8,52	9,04	8,78	103	12	10	11
Crataegus monogyna		101	0,84	6,69	6,51	6,6	82	6	33	19,5
Crataegus monogyna	2	137	0,39	4,01	4,1	4,055	30	7,5	6	6,75
Crataegus monogyna	1	178	0,79	5,78	5,69	5,735	56	135	100	117,5
Fraxinus angustifolia	2	201	3,00	50,23	49,05	49,64	158	90	70	80
Juniperus oxycedrus	1	31	2,28	51,23	51,25	51,24	204	110	100	105
Juniperus oxycedrus	4	32	2,40	41	41,16	41,08	203	130	120	125
Juniperus oxycedrus	2	33	2,80	38,8	38,74	38,77	255	15	115	65
Juniperus oxycedrus	3	77	1,65	55,61	53,65	54,63	132	165	150	157,5
Juniperus oxycedrus	5	93	2,21	49,5	53,42	51,46	189	190	180	185
Lavandula stoechas	4	187	1,02	-	-	-	-	-	-	-
Lavandula stoechas	6	190	0,81	-	-	-	-	-	-	-
Marrubium vulgare	50	168	0,23	5,07	6,35	5,71	20	7	4	5,5
Marrubium vulgare		185	0,61	-	-	-	50	11	9	10
Myrtus communis	1	68	0,79	5,25	5,27	5,26	77	49	22	35,5
Myrtus communis		73	0,65	3,69	3,68	3,685	42	32	59	45,5
Myrtus communis	3	79	0,59	5,51	5,48	5,495	57	50	25	37,5
Myrtus communis	4	80	0,65	3,25	3,23	3,24	57	20	10	15
Nerium oleander	2	215	0,90	9,44	10,78	10,11	86	30	25	27,5
Nerium oleander	3	217	0,85	10,72	9,5	10,11	81	28	45	36,5
Nerium oleander	4	219	0,70	8	7,91	7,955	65	41	20	30,5
Nerium oleander	1	221	0,95	9,84	9,8	9,82	75	55	35	45
Olea europea var. sylv	14	72	2,90	67,94	67,73	67,835	173	155	160	157,5
Olea europea var. sylv	1	95	0,80	7,33	8,12	7,725	67	78	31	54,5
Olea europea var. sylv	10	106	0,77	7,12	7,09	7,105	74	65	36	50,5
Olea europea var. sylv	12	114	3,20	65,41	67,12	66,265	136	150	140	145
Olea europea var. sylv	8	120	0,35	5,13	2,94	4,035	37	35	30	32,5
Olea europea var. sylv	7	139	0,89	7,39	7,35	7,37	73	36	13	24,5
Olea europea var. sylv	6	143	0,70	6,28	6,41	6,345	66	73	65	69
Olea europea var. sylv	4	159	1,12	55,14	54,89	55,015	103	53	68	60,5
Olea europea var. sylv	5	161	0,69	6,33	6,28	6,305	60	87	64	75,5
Olea europea var. sylv	3	182	0,82	4,15	4,28	4,215	80	53	25	39
Olea europea var. sylv	9	197	3,10	59,39	55,89	57,64	120	160	150	155
Olea europea var. sylv	11	204	3,80	62,89	65,14	64,015	155	160	185	172,5
Phlomis purpurea	51	10	0,55	6,31	6,37	6,34	69	15	10	12,5
Phlomis purpurea	2	14	0,55	5,56	5,6	5,58	44	20	15	17,5
Phlomis purpurea	52	47	0,21	4,51	4,53	4,52	18	10	9	9,5
Phlomis purpurea	12	56	1,19	10,71	10,14	10,425	78	22	14	18
Phlomis purpurea	14	58	0,78	7,62	7,4	7,51	79	10	12	11
Phlomis purpurea	54	60	0,51	13,33	13,43	13,38	48	33	31	32
Phlomis purpurea	13	65	0,49	14,35	14,22	14,285	60	51	29	40
Phlomis purpurea	55	74	0,63	7,03	7,84	7,435	65	13	15	14
Phlomis purpurea		76	0,58	8,36	8,13	8,245	56	30	20	25
Phlomis purpurea	9	85	0,47	5,79	5,23	5,51	45	14	15	14,5

Especie	Núm	Etiq	Altura (m)	Diámetro tallo 1 (mm)	Diámetro tallo 2 (mm)	Media diámetro tallo	Altura copa (cm)	Diámetro copa 1 (cm)	Diámetro copa 2 (cm)	Media diámetro copa (cm)
Phlomis purpurea	10	86	0,73	6,31	6,4	6,355	56	1	14	7,5
Phlomis purpurea	46	107	0,64	6,38	6,41	6,395	55	18	15	16,5
Phlomis purpurea	8	121	0,79	10,1	9,74	9,92	59	50	30	40
Phlomis purpurea		127	0,26	3,51	3,44	3,475	54	26	25	25,5
Phlomis purpurea	3	129	0,83	6,2	6,31	6,255	8	24	33	28,5
Phlomis purpurea	5	130	0,21	3,07	3,12	3,095	13	15	12	13,5
Phlomis purpurea	6	133	0,91	10,21	10,19	10,2	96	52	30	41
Phlomis purpurea	7	142	0,69	6,81	6,9	6,855	64	66	40	53
Phlomis purpurea	4	144	0,83	6,4	6,44	6,42	104	65	46	55,5
Phlomis purpurea	1	147	0,55	6,28	6,31	6,295	96	85	60	72,5
Phyllirea angustifolia	54	6	0,65	6,12	6,07	6,095	70	35	7	21
Phyllirea angustifolia		12	1,15	10,2	10,16	10,18	100	70	60	65
Phyllirea angustifolia	6	21	1,10	10,04	10,06	10,05	75	80	60	70
Phyllirea angustifolia	7	28	0,39	5,24	5,28	5,26	36	12	20	16
Phyllirea angustifolia		145	0,74	9,45	9,36	9,405	49	21	30	25,5
Phyllirea angustifolia	4	158	0,68	6,3	6,34	6,32	70	13	12	12,5
Phyllirea angustifolia	5	160	0,30	2,64	2,69	2,665	25	12	15	13,5
Phyllirea angustifolia	1	172	0,78	5,77	5,87	5,82	25	10	10	10
Phyllirea angustifolia	2	176	0,66	5,2	5,31	5,255	-	-	-	-
Phyllirea latifolia	1	98	0,80	4,89	5,78	5,335	72	55	20	37,5
Phyllirea latifolia	4	108	3,96	8,98	9,2	9,09	291	140	170	155
Phyllirea latifolia	3	155	3,55	8,21	7,98	8,095	-	-	-	-
Pinus pinea	1	2	3,83	101,89	101,22	101,555	148	212	215	213,5
Pinus pinea	3	5	1,96	41,71	42,06	41,885	186	115	110	112,5
Pinus pinea	2	7	3,57	110,67	111,21	110,94	164	209	139	174
Pinus pinea	2	18	1,77	38,3	39,12	38,71	150	115	90	102,5
Pinus pinea	1	19	2,25	40,22	40,26	40,24	157	110	95	102,5
Pistacia lentiscus	11	9	1,22	10,16	10,12	10,14	120	83	79	81
Pistacia lentiscus	13	34	0,35	3,47	3,45	3,46	18	8	8	8
Pistacia lentiscus	3	45	0,36	4,41	4,46	4,435	12	15	8	11,5
Pistacia lentiscus	10	52	0,60	7,32	7,4	7,36	49	35	70	52,5
Pistacia lentiscus	9	54	0,63	8,8	7,88	8,34	53	29	11	20
Pistacia lentiscus	8	87	0,58	9,03	8,81	8,92	47	65	30	47,5
Pistacia lentiscus	50	116	0,19	2,15	2,12	2,135	15	12	9	10,5
Pistacia lentiscus	12	118	0,20	2,44	2,39	2,415	21	10	8	9
Pistacia lentiscus	6	166	0,58	7,08	7,01	7,045	49	40	35	37,5
Pistacia lentiscus	7	167	0,35	4,71	4,67	4,69	31	20	10	15
Pistacia lentiscus	4	171	0,72	5,71	5,39	5,55	70	38	41	39,5
Pistacia lentiscus	3	183	1,82	10,2	10,31	10,255	81	14	15	14,5
Pistacia lentiscus	2	205	0,72	4,26	4,54	4,4	61	15	14	14,5
Pistacia lentiscus	1	214	0,28	3,85	3,88	3,865	20	7	6	6,5
Pistacia terebinthus	2	57	0,58	4,75	4,05	4,4	49	19	18	18,5
Pistacia terebinthus	1	105	0,48	4,31	4,27	4,29	5	7	8	7,5
Populus alba	1	208	3,00	55,72	51,14	53,43	170	235	215	225
Populus nigra		223	3,10	45,32	42,8	44,06	280	55	45	50

Especie	Núm	Etiq	Altura (m)	Diámetro tallo 1 (mm)	Diámetro tallo 2 (mm)	Media diámetro tallo	Altura copa (cm)	Diámetro copa 1 (cm)	Diámetro copa 2 (cm)	Media diámetro copa (cm)
Pyrus bourgaeana	8	40	0,51	3,97	3,89	3,93	36	10	8	9
Pyrus bourgaeana	2	153	0,94	8,5	8,55	8,525	125	34	18	26
Pyrus bourgaeana	3	169	0,88	7,66	7,71	7,685	80	45	45	45
Pyrus bourgaeana	1	175	0,31	2,04	2,07	2,055	30	12	10	11
Quercus coccifera	7	156	1,53	3,55	3,6	3,575	21	12	6	9
Quercus coccifera	8	194	0,26	2,12	2,23	2,175	15	3	2,2	2,6
Quercus coccifera	9	195	0,53	2,58	2,51	2,545	27	4	5	4,5
Quercus coccifera	4	199	1,56	3,82	3,96	3,89	42	7	6	6,5
Quercus coccifera	3	203	0,37	2,75	2,71	2,73	21	12	9	10,5
Quercus coccifera	2	206	0,63	2,75	2,71	2,73	54	6	7	6,5
Quercus faginea	3	96	0,66	6,15	6,09	6,12	53	7	7	7
Quercus faginea	2	102	0,75	6,26	5,7	5,98	58	20	44	32
Quercus faginea	5	109	0,60	6,21	6,24	6,225	46	12	7	9,5
Quercus faginea	4	110	1,10	7,51	7,39	7,45	98	10	7	8,5
Quercus faginea	1	119	0,67	2,88	2,94	2,91	53	22	27	24,5
Quercus faginea		150	1,88	12,11	12,23	12,17	171	220	110	165
Quercus faginea	2	162	0,69	3,01	2,87	2,94	-	-	-	-
Quercus ilex subsp. ba	5	125	2,75	58,9	60,02	59,46	254	123	91	107
Quercus ilex subsp. ba	3	151	2,58	56,31	57,2	56,755	252	200	260	230
Quercus ilex subsp. ba	2	173	2,10	55,44	51,12	53,28	212	229	130	179,5
Quercus ilex subsp. ba	1	200	2,50	57,6	52,89	55,245	284	170	110	140
Quercus suber	5	48	0,82	31,71	31,88	31,795	40	140	110	125
Quercus suber	3	50	1,48	24,29	24,35	24,32	-	-	-	-
Quercus suber	2	67	1,80	34,55	36,05	35,3	82	102	104	103
Quercus suber	4	83	1,50	41,22	38,09	39,655	89	131	86	108,5
Rhamnus alaternus	3	104	0,68	9,69	6,1	7,895	59	19	18	18,5
Rhamnus alaternus	2	126	0,59	3,99	4,4	4,195	48	20	10	15
Rhamnus alaternus	4	146	0,64	4,19	4,85	4,52	55	36	16	26
Rhamnus alaternus	1	148	1,44	5,88	4,43	5,155	17	21	10	15,5
Rhamnus lycioides	2	11	0,86	8,6	8,63	8,615	76	80	120	100
Rhamnus lycioides	3	13	0,96	10,94	11,03	10,985	90	75	95	85
Rhamnus lycioides	1	20	1,15	9,9	10,02	9,96	105	90	70	80
Rosmarinus officinalis	8	115	0,66	-	-	-	76	64	40	52
Rosmarinus officinalis	3	186	0,87	-	-	-	-	-	-	-
Rosmarinus officinalis	5	188	0,90	-	-	-	-	-	-	-
Rosmarinus officinalis	4	189	0,79	-	-	-	-	-	-	-
Rosmarinus officinalis	7	191	1,02	-	-	-	-	-	-	-
Rosmarinus officinalis	6	192	0,73	-	-	-	-	-	-	-
Salix purpurea	4	202	1,80	10,33	10,14	10,235	130	82	50	66
Salix purpurea	6	207	1,55	18,85	18,17	18,51	-	-	-	-
Salix purpurea	5	210	1,51	7,62	7,44	7,53	-	-	-	-
Salix purpurea	3	216	2,10	21,83	28,2	25,015	87	91	75	83
Salix purpurea	2	222	1,70	13,58	14,56	14,07	-	-	-	-
Salix purpurea	1	228	1,50	13,21	15,83	14,52	125	132	76	104
Smilax aspera	2	225	1,00	-	-	-	66	79	55	67
Smilax aspera	1	226	0,60	-	-	-	83	61	58	59,5

Espece	Núm	Etiq	Altura (m)	Diámetro tallo 1 (mm)	Diámetro tallo 2 (mm)	Media diámetro tallo	Altura copa (cm)	Diámetro copa 1 (cm)	Diámetro copa 2 (cm)	Media diámetro copa (cm)
Tamarix gallica	3	212	2,30	22,45	22,68	22,565	170	140	110	125
Tamarix gallica	2	213	2,20	13,35	13,77	13,56	75	81	39	60
Tamarix gallica	5	218	1,60	18,27	17,58	17,925	103	105	80	92,5
Tamarix gallica	4	220	2,17	27,88	23,54	25,71	171	75	61	68
Tamarix gallica	1	227	1,45	18,48	18,07	18,275	95	35	57	46
Teucrium fruticans	5	36	1,00	-	-	-	100	110	110	110
Teucrium fruticans	4	37	0,90	-	-	-	90	90	105	97,5
Teucrium fruticans	3	38	1,33	-	-	-	130	145	140	142,5
Teucrium fruticans	2	39	0,85	-	-	-	90	75	90	82,5
Teucrium fruticans	6	53	1,55	-	-	-	153	140	150	145
Teucrium fruticans	7	70	1,24	-	-	-	123	137	128	132,5
Teucrium fruticans	8	89	0,92	-	-	-	88	89	115	102
Ulmus minor	1	209	2,52	42,32	39,26	40,79	121	110	110	110
Viburnum tinus	3	23	1,36	20,08	20,1	20,09	133	115	85	100
Viburnum tinus	5	51	1,22	14,99	15,18	15,085	105	80	80	80
Viburnum tinus	4	55	1,09	21,72	21,06	21,39	99	77	59	68
Viburnum tinus	2	61	1,24	20,62	20,66	20,64	114	63	58	60,5
Viburnum tinus	6	66	1,23	24,61	24,41	24,51	119	124	86	105
Viburnum tinus	7	82	1,29	26,69	27,31	27	117	115	75	95
Viburnum tinus	8	92	1,19	18,44	20	19,22	103	86	65	75,5
Viburnum tinus	1	179	1,23	15,32	15,42	15,37	101	37	60	48,5
Vitex agnus-castus	2	211	1,75	32,13	37,11	34,62	110	135	120	127,5
Vitex agnus-castus	1	224	1,60	25,76	25,91	25,835	90	90	95	92,5