

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR DE GANDIA

Grau en Ciències Ambientals



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA POLITÈCNICA
SUPERIOR DE GANDIA

“Evaluación de la regeneración en una masa de pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.) sometida a distintos tratamientos selvícolas en el monte de Tuéjar (Valencia)”

TREBALL FINAL DE GRAU

Autor/a:

Ana María Palacio Santa Rosalía

Tutor/s:

Cristina Lull Noguera

Francisco Galiana Galán

GANDIA, 2017

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer al departamento de Edafología y a todo su equipo de profesionales, especialmente a mi tutora Cristina Lull, a Francisco Galiana y a Antonio Lidón por todo el apoyo humano y profesional que me han dado y por haberme ayudado y encaminado en este proyecto. Sin ellos no hubiera sido posible este proyecto.

A mi tutora Cristina Lull y a mi cotutor Francisco Galiana les agradezco sinceramente la paciencia que han tenido conmigo frente a mis circunstancias profesionales y personales.

Gracias a mi padre Joaquín y a mi hermana Amparo porque siempre se han preocupado por mí y han estado apoyándome desde el principio. Soy quién soy gracias a ellos.

Gracias a mi novio Jose por haberme apoyado tanto desde el principio y por estar a mi lado para tranquilizarme en los momentos más difíciles.

Gracias a todos mis amigos que han pasado junto a mí por la carrera y a todos aquellos que me han deseado mucha suerte y muchos ánimos constantemente.

Por último, quiero dedicar este proyecto a los que no están físicamente con nosotros pero siempre nos están ayudando y apoyando desde el cielo. Especialmente a mi madre que sé que me ayuda y me protege allí donde esté.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objeto del estudio	1
1.2. Contexto de los ecosistemas forestales.....	1
1.3. Los tratamientos derivados de la gestión selvícola	2
1.4. Características del <i>Pinus halepensis</i> Mill.....	3
1.5. Regeneración natural del <i>Pinus halepensis</i>	5
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	7
3. MATERIALES Y MÉTODOS	8
3.1. Área de estudio: Localización y caracterización	8
3.1.1. Geomorfología, geología y tectónica.....	9
3.1.2. Climatología.....	10
3.1.3. Vegetación.....	12
3.1.4. Hidrología	13
3.2. Descripción de las parcelas y los tratamientos	13
3.2.1. Aclareo sucesivo uniforme (ASU).....	15
3.2.2. Entresaca por bosquete	16
3.3. Número y distribución de los tratamientos selvícolas.....	16
3.4. Muestreo	19
3.4.1 Características y disposiciones de las subparcelas.....	19
3.4.2 Sistema de trabajo	20
3.4.3. Parámetros utilizados en el estudio.....	22
3.5. Material empleado	24
3.6. Análisis multidimensional.....	25
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1. Densidades obtenidas de la regeneración del pinar	26
4.2. Densidades por tratamientos selvícolas	27
5. CONCLUSIONES	39
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de las formaciones arboladas (%) en 2014. Fuente: MAPAMA, 2015.	2
Figura 2. Distribución del <i>Pinus halepensis</i> Mill. en la Península Ibérica. Fuente: Ruiz De La Torre, 2001.....	4
Figura 3. Localización geográfica del Alto de la Montalbana, provincia de Valencia.	8
Figura 4. Diagrama ombrotérmico de Gaussen para la estación de Tuéjar (P media de las precipitaciones mensuales y tm, temperatura media). Fuente: elaboración propia. 12	
Figura 5. Disposición de las parcelas experimentales del monte de Tuéjar. Fuente: Escrig, 2005a.....	14
Figura 6. Disposición de las parcelas experimentales del monte de Chelva. Fuente: Escrig, 2005a.....	15
Figura 7. Imágenes de los diferentes tratamientos aplicados a las parcelas de estudio.	17
Figura 8. Esquema de la distribución de las subparcelas circulares de evaluación del regenerado sobre las diagonales de las parcelas cuadradas.	20
Figura 9. Esquema de los cuadrantes de cada subparcela para facilitar el conteo del diseminado, la caracterización del regenerado y la estimación de las cubiertas de las principales especies de subarborescentes.	21
Figura 10. Imagen del sistema de sectorización de la subparcela circulares en cuadrantes con el replanteo de los vértices de los radios cardinales a tres metros del centro y señalamiento de la subparcela de 1.5 metros por medio de metros semirigidos para estimar el estrato diseminado.	22
Figura 11. Parámetros estudiados en <i>P. halepensis</i> . Fuente: Elaboración propia.	23
Figura 12. Regeneración media total, del diseminado y del regenerado, por tratamiento (Lamar, 2008).	28
Figura 13. Regeneración media total, del diseminado y del regenerado, por tratamiento del estudio para las réplicas de Tuejar derecha y Chelva.	28
Figura 14. Gráfico de los porcentajes de regenerado y diseminado respecto de la regeneración total, según el tratamiento establecido y para las réplicas de Tuéjar derecha y Chelva, a los veinte años de la intervención.	30
Figura 15. Gráfico de los porcentajes de regenerado y diseminado según el tratamiento establecido para el conjunto de la tres replicas en el primer estudio del seguimiento, a los diez años de la intervención (Lamar, 2008).	31
Figura 16. Gráficos del número medio de pies por hectárea de diseminados y regenerados por tratamientos. Las barras representan el error estándar, siendo n=10 en las parcelas de 45x45 m, n=6 en las parcelas de 30x30 m y n=4 en las de 15x15 m.	32
Figura 17. Valores medios de porcentaje relativo de superficie ocupada por el estrato arbustivo y por el suelo desnudo en cada uno de los tratamientos (las barras representan los intervalos de Fisher LSD con intervalo de confianza al 95%).....	33
Figura 18. Porcentaje relativo de cobertura de las principales especies arbustivas y herbáceas presentes en cada uno de los tratamientos ((Qc= <i>Quercus coccifera</i> ; Up= <i>Ulex parviflorus</i> ; Br= <i>Brachypodium retusum</i> ; Ro= <i>Rosmarinus officinalis</i> ; Jo= <i>Juniperus oxycedrus</i>).	34
Figura 19. Número de individuos de <i>P. halepensis</i> por rango de alturas en Tuéjar derecha.....	35

Figura 20. Altura media del P. halepensis regenerado por tratamiento en Tuéjar derecha.....	35
Figura 21. Número de individuos de P. halepensis por rango de alturas en Chelva. ...	36
Figura 22. Altura media del P. halepensis regenerado por rango de alturas en Chelva.	36
Figura 23. Comparación del número de individuos de P.halepensis por rango de alturas de Tuéjar derecha y Chelva.	37
Figura 24. Diámetro basal (Db) de P. halepensis regenerado por tratamiento de Tuéjar derecha y Chelva.....	37
Figura 25. Diámetro medio del P.halepensis regenerado por tratamiento en Tuéjar derecha y Chelva.....	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos climatológicos de la zona obtenidos de la estación de Tuéjar. Fuente: AEMET (tm, temperatura media, T la media de las temperaturas máximas, t la media de las temperaturas mínimas -periodo de 1994-2011, excepto el 2004 y 2005)´-, T' la media de las temperaturas máximas absolutas, t' la media de las temperaturas mínimas absolutas y P media de las precipitaciones mensuales – periodo 1970-2011).	11
Tabla 2. Denominación de los diferentes tratamientos selvícolas e intensidades realizados según las parcelas ensayadas en el monte de Tuejar y el de Chelva (Valencia).	14
Tabla 3. Descripción según tratamiento, dimensiones, número de parcelas y características (h*=15 m, h* es la altura dominante estándar usada como referencia para la definición del tamaño de las parcelas).	18
Tabla 4. Codificación de las parcelas, basada en: réplica-nºinicial-tratamiento-tamaño de la parcela.	18
Tabla 5. Descripción de los emplazamientos del replanteo de las subparcelas de evaluación de la regeneración según el tipo de parcela inventariada.	20
Tabla 6. Resultado de la densidad media (pies/ha) de la regeneración del pinar según tratamiento y superficie en la réplica de Tuéjar derecha (Valencia).	26
Tabla 7. Resultado de la densidad media (pies/ha) del regeneración del pinar según tratamiento y superficie en la réplica de Chelva (Valencia).	26
Tabla 8. Resultado de los coeficientes de variación (%) de la regeneración del pinar en nº de pies/hectárea según tratamiento y superficie de Tuéjar y Chelva (Valencia).	27
Tabla 9. Valores medios del porcentaje absoluto de cobertura vegetal en cada uno de los tratamientos según tipos de estratos de cubierta (la cubierta arbórea se refiere a la presencia de troncos o individuos arbóreos, pero no para la cubierta del dosel arbóreo en el caso de los ASU y de la parcela Control).	32
Tabla 10. Efectos significativos de la zona, tratamiento y la posición sobre el porcentaje relativo de cobertura de las especies más representativas y de los tipos de cobertura del suelo (ns= no significativo; *= significativo con 95% nivel de confianza; Qc= Quercus coccifera; Up= Ulex parviflorus; Br= Brachypodium retusum; Ro= Rosmarinus officinalis; Jo= Juniperus oxycedrus; Jp= Juniperus phoenicea; Qi= Quercus ilex).....	33

Resumen

La conservación, ordenación y desarrollo sostenible de los montes son de vital importancia para la protección del medio ambiente. La regeneración natural es un proceso determinante para el mantenimiento de las masas forestales a lo largo del tiempo. El objetivo de este trabajo es el estudio de la influencia del tratamiento de una masa forestal sobre la regeneración natural de *Pinus halepensis*, que se llevó a cabo hace casi veinte años en tres zonas boscosas situadas alrededor del alto de la Montalbana (Tuéjar y Chelva). Se realizaron tres tratamientos selvícolas consistentes uno de ellos en *cortas finales de entresaca por bosquetes*, y los otros dos en un *aclareo sucesivo uniforme* de dos intensidades (se prescribió el respetar el 40% (ASU fuerte) y el 60% (ASU débil) de los pies). En dichas tres zonas hay, además, parcelas control en las que no hubo intervención. En este trabajo se recaba el resultado de la regeneración del pino en las parcelas experimentales. Se analizan diferentes variables del pino carrasco relacionadas con la situación fisionómica de arbolado, distinguiendo entre regenerado y diseminado, y tomándose algunos parámetros de parte de la población como la altura inventarial y los diámetros basal y normal. Además, se ha medido el porcentaje de cobertura vegetal. Se ha encontrado una gran variabilidad en el número de pies regenerados y diseminados, el tratamiento selvícola aplicado parece condicionar la regeneración del *P. halepensis*, siendo los tratamientos ASU los de mayor porcentaje de éxito.

Palabras clave: *Pinus halepensis*, tratamiento selvícola, regeneración natural, diseminado, vegetación arbustiva.

Abstract

Conservation, management and sustainable development of forests are vital for the protection of the environment. Natural regeneration is a determining process for the maintenance of the forest masses over time. The objective of this work is the study about the influence of the treatment in a forest mass on the natural regeneration of *Pinus halepensis* that took almost twenty years ago in three wooded areas around the top of Montalbana (Tuéjar and Chelva). Three silvicultural treatments done, consisting one of them in final cuttings of thinning by clumps, and the other two in a uniform successive thinning with two intensities (It was prescribed to respect 40% (strong ASU) and 60% (weak ASU) of the feet). In these three areas there are, in addition, control plots in which there was no intervention. In this work is collected the result for the regeneration of the pine in the experimental plots and is analyze different variables of the *P. halepensis* related are the physiognomic situation of woodland, distinguishing between regenerated and disseminated, and taking some parameters of part of the population as the inventorial height and the basal and normal diameters. In addition, the percentage of vegetation cover has been measured. I has been found a great variability in the number of feet regenerated and seedling, the applied silvicultural treatment seems to condition the regeneration of *P. halepensis*, being the ASU treatments the ones with the highest percentage of success.

Key words: *Pinus halepensis*, silvicultural treatments, natural regeneration, disseminated, shrub vegetation.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objeto del estudio

El objeto de este trabajo es el desarrollo técnico de la recopilación de los datos del seguimiento de un proyecto de investigación realizado hace aproximadamente veinte años con la intencionalidad de estudiar la respuesta de una masa de pinar de pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.) con potencialidad de masa mixta, por la presencia incipiente de una segunda especie consistente en encina (*Quercus ilex rotundifolia*), bajo la prescripción de diversos tratamientos de la regeneración de la masa forestal.

La expresión de los tratamientos selvícolas llevada a cabo y las parcelas establecidas para el seguimiento de la masa es extensa y compleja. Este aspecto y una anterior evaluación de la regeneración del pinar llevada a cabo en 2008 (Lamar, 2008), conducen a la realización de unas subparcelas ya establecidas, que se han vuelto a localizar y a replantear como se indica en la metodología.

1.2. Contexto de los ecosistemas forestales

El bosque Mediterráneo consta de espléndidos pinares que configuran un paisaje vegetal muy extenso. La frugalidad y la gran capacidad de adaptación al medio mediterráneo del género *Pinus* le otorga un carácter pionero, que permite su abundante diversificación en la zona mediterránea (Gómez Manzaneque, 2005).

España es el segundo país de la UE con mayor superficie forestal y ofrece la tercera mayor extensión de superficie arbolada de la UE. El Perfil Ambiental de España de 2015, recoge que los montes españoles ocupan algo más de 27.7 millones de ha, que representan el 55% de la superficie total nacional. Más del 66% de los montes son bosques y el 34% restante son superficies principalmente desarboladas o con arbolado disperso.

Los montes proporcionan una amplia variedad de servicios ecosistémicos ya que sirven de hábitat a especies animales y vegetales manteniendo la diversidad natural, ayudan a proteger el suelo y el sistema hídrico y son espacios para el trabajo y disfrute de la sociedad y contribuyen a la lucha contra el cambio climático. La superficie arbolada, teniendo en cuenta el tipo de bosque, se puede clasificar en frondosas, coníferas y masas mixtas (Figura 1). En España, el 55% del total arbolado es representado por las frondosas, aunque hay excepciones en algunas comunidades como Extremadura y Cantabria que suponen más del 90%. Las coníferas en Murcia alcanzan prácticamente el 92% de su área de bosque. En la zona Pirenaica, Baleares, Galicia y Cataluña se localizan las mayores superficies de masas mixtas.

En relación con el número de especies presentes y su dominancia, el 60% de la superficie de bosque está compuesto por formaciones en las que existe una especie

dominante. En España, más del 80% de los bosques están compuestos de dos o más especies de árboles (MAPAMA, 2015).

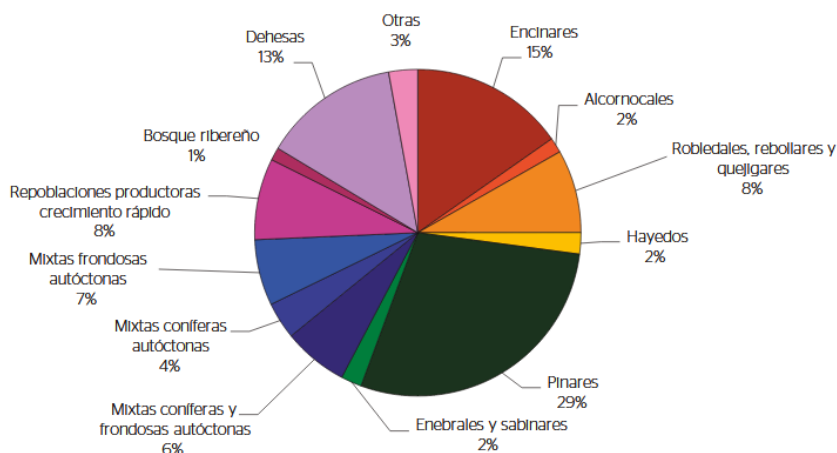


Figura 1. Distribución de las formaciones arboladas (%) en 2014. Fuente: MAPAMA, 2015.

El área de estudio representa un monte de pinar con potencialidad para el encinar. Según el Inventario Forestal Nacional (IFN), un 80% de los bosques se componen de dos o más especies de árboles. Por especies, el encinar es la formación arbolada más extensa que representa el 15.3% de la superficie arbolada, unos 2.8 millones de ha, a continuación, está el *P. halepensis Mill.*, que ocupa alrededor de los 2 millones de ha. Teniendo en cuenta el número de árboles, la comparación de los inventarios forestales tanto entre el IFN2, el INF3 y el todavía pendiente de terminar IFN4, se muestra una tendencia creciente de las formaciones arboladas de estas especies (MAPAMA, 2015).

1.3. Los tratamientos derivados de la gestión selvícola

La definición de selvicultura que se dio en la reunión del grupo IUFRO (Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal) celebrada en España y Portugal en 1996 fue la siguiente: “La selvicultura es una ciencia aplicada que rige el manejo económicamente sostenible de los ecosistemas forestales para la satisfacción de las demandas de la sociedad (bienes y servicios). Para conseguir estos objetivos, la selvicultura diseña tratamientos ecológicamente sostenibles, abiertos al ejercicio de otras opciones por las generaciones venideras”. Implica intervenciones que se producen a lo largo de la vida o turno de la masa, como son los tratamientos de mantenimiento o conservación, los de regeneración y el aprovechamiento, cuando llegue el momento adecuado fijado por el turno.

En los montes mediterráneos, la selvicultura que se lleva a cabo es prácticamente en su totalidad preventiva, limpiando y rompiendo la continuidad del combustible,

dificultando así la propagación del fuego en la medida de lo posible, o que no afecte a toda la vegetación existente. Otras medidas selvícolas preventivas son de gran importancia también, para poder hacer frente a plagas y a factores abióticos, eliminando la competencia existente y así favorecer a los individuos que quedan, para que crezcan mejor y más sanos. El manejo de las masas para producción de semillas y regeneración natural también son de gran ayuda. Debido a la vulnerabilidad de los ecosistemas mediterráneos y a la singularidad de las especies y su topografía, hay un campo de investigación muy amplio en lo que a tratamientos y efectos derivados se refiere.

El tratamiento experimental establecido se trata de cortas de regeneración de dos tipos de gestión del monte para obtener unos aprovechamientos finales y una regeneración de la propia masa. Se fundamentan en un primer caso en la extracción de forma gradual del arbolado favoreciendo así la regeneración por etapas de la luz diferentes, en el caso de lo que se denomina cortas con criterio de *aclareo sucesivo uniforme* y en la que la característica más importante de este método de regeneración es la uniformidad en el proceso ya que la extracción de los árboles se lleva a cabo de forma homogénea en toda la superficie de actuación, bajo varias intervenciones sucesivas que conducen a mejorar el proceso de selección de los pies más óptimos, al dejar los fenotipos mejores para la última corta.

El otro tipo de tratamiento es el de regenerar una superficie limitada del monte bajo mediante una corta total del arbolado, de forma que se abra la espesura de la masa y que favorezca la regeneración de la siguiente cohorte del pinar, al ponerse todo el suelo ante la exposición de la luz. Esta regeneración será afectada por la extensión del hueco creado, por la incidencia de la luz sobre este y por la respuesta de otras especies del matorral o arbóreas acompañantes, como es el caso de la encina en este caso. Se interpreta que el tratamiento se realiza por *cortas de entresaca por bosquetes*.

1.4. Características del *Pinus halepensis* Mill.

El pino carrasco, se encuentra en toda la vertiente mediterránea con mucha vitalidad según el rango de variabilidad de la especie y, es por ello, por lo que se le confiere unas variaciones en los crecimientos anuales que se debe a la combinación de crecimiento en las estaciones de primavera y otoño, períodos de sequía, inviernos suaves o fríos excepcionales y veranos lluviosos (Erviti, 1991). Por ello, el crecimiento en diámetro del fuste de los pinos se detiene en verano pero en invierno no.

El carrasco es la especie más extendida por el mediterráneo dentro del género *Pinus*. Se reparte por todos los países ribereños del Mediterráneo, pero su mayor abundancia se encuentra en España oriental, Grecia, Marruecos, Argelia y La Provenza (Francia). Esto es debido a que se distribuye desde el centro de España hasta llegar a Anatolia (Figura 2) y desde el sur de Europa atravesando hasta las montañas del Marruecos central. Las masas de pino carrasco ocupan aproximadamente 3.5 millones de hectáreas en toda su área.

Por otro lado, en España, se encuentra más repartido a lo largo de la costa mediterránea y en las Islas Baleares. Se adentra también hacia el interior de las Sierras Béticas, el Valle del Ebro, los Pirineos orientales, el Sistema Ibérico, etc. Es así por lo que llega a alcanzar varios puntos del centro peninsular.

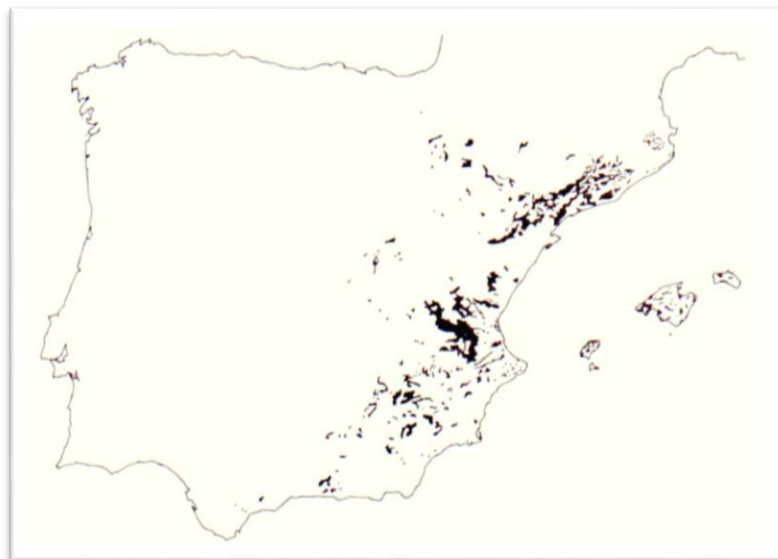


Figura 2. Distribución del *Pinus halepensis* Mill. en la Península Ibérica. Fuente: Ruiz De La Torre, 2001.

Se han realizado diferentes actuaciones para conseguir expandir el *P. halepensis* Mill. en muchas zonas en las que era extraña o en otras que ya existía de forma natural pero que ahora ha extendido más sus límites. Por ello, el aumento de dichas especies se debe a las repoblaciones que se hicieron de manera sucesivas y que se llevaron a cabo en el periodo de los años 1940-1985, en el cual se repoblaron en todo el país alrededor de 508.556 ha, más tarde en el periodo de 1956-1965 las hectáreas que se repoblaron fueron 101.496 ha y en 1986 y 1987, se repoblaron 11.731 y 10.496 respectivamente (Erviti, 1991).

El *P. halepensis* Mill., o también conocido como pino carrasco o pino de Aleppo, pertenece a la familia de las PINACEAE, de la subfamilia: Pinoidae. Se trata del género *halepensis*, por tener acículas de vainas persistentes y piñas caducas (Cámara, 2001).

Normalmente suele formar masas puras ya que dicha especie ha sido colonizadora de suelos incendiados, cultivos abandonados incluso de suelos muy áridos, pero es más habitual que forme masas mixtas frondosas siendo dichas masas mixtas en el mediterráneo la combinación más frecuente con la encina (Herranz, J.M. 2000.)

La encina (*Quercus ilex*), ocupa alrededor de 2,8 millones de hectáreas en forma de encinar (corresponde al 15,4% de la superficie total de nuestros bosques), también esta especie es la dominante del 88% de las dehesas, llegando a un total de 2

millones de hectáreas más. Por otra parte, las masas de pinar son el 28,6% de la superficie de bosque, siendo las especies que representan la gran mayoría de la superficie de monte puro de coníferas el *P. halepensis*, el *P. pinaster* y *P. sylvestris* (MAPAMA, 2015).

El *P. halepensis* es un árbol de talla media que alcanza aproximadamente los 22 metros de altura si las condiciones en las que se encuentra son óptimas. Estas condiciones serán las causantes de que el porte del pino sea correcto en buenas condiciones o curvo en condiciones adversas.

A lo largo de su crecimiento, concretamente en la etapa de juventud, la corteza obtiene un color ceniciento, blanquecina o plateada tornando así una coloración más oscura, cuando alcanza la vejez de color pardo-rojiza, sobre todo en la base del tronco (Ruiz De la Torre, 2001).

En cuanto a la copa, suelen ser claras y luminosas debido al follaje escaso que presentan a lo largo de los años. La copa de los pinos suele ser de una forma abultada y piramidal en los primeros años de crecimiento, pero a partir de los 20 años dicha copa se abre y adopta una forma un tanto más aparasolada e irregular. El cambio que sufre la forma de la copa es debido a una disminución de la velocidad de crecimiento de la guía terminal y aunque es un hecho común para todas las especies arbóreas, en el pino carrasco tiene lugar a una edad que es función de la fertilidad de los suelos y en más concretamente de su profundidad (Erviti, 1991).

Por otro lado, la floración tiene lugar entre marzo y mayo. Los conos floríferos femeninos son de color verde rosado que pueden parecer de un tono más violeta, se encuentran aislados, pareados o verticilados. Las flores masculinas, sin embargo, son oblongas y amarillentas las cuales están agrupadas formando espigas cilíndricas de unos 5 a 8 centímetros. Las piñas son de una forma aovado-cónicas y alargadas, de color rojizo tirando a pardo, la longitud varía entre 6 y 12 centímetros, revueltas sobre un pedúnculo leñoso grueso de 1-2 centímetros. Las piñas son colonizadoras, es decir, tienen un gran poder de invasión, debido a su alta fructificación y por su piñón de pequeño tamaño de ala grande y el cual tiene una gran potencia germinativa. En general, cuando sucede una ausencia de vientos desecantes o están sometidos a periodos largos de sequía, las piñas presentan serotinia, manteniendo así las piñas cerradas en el árbol con lo que los piñones que son viables para la regeneración se mantienen durante periodos largos de tiempo.

1.5. Regeneración natural del *Pinus halepensis*

Las investigaciones llevadas a cabo en España sobre regeneración natural se han basado en el género de las Pináceas, más concretamente en masas forestales de *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* y *P. halepensis* llegando así a profundizar en la regeneración post-incendio en la mayoría de los casos (González-Martínez y Bravo, 1997 y 2001; Del Cerro *et al.*, 2005; Vega *et al.*, 2005).

Los estudios realizados sobre regeneración natural de esta especie son escasos a pesar de que se trata de una de las especies más representativas del paisaje mediterráneo y juega un papel muy importante en la industria forestal en el norte de España (Barrio *et al.*, 2006).

Este proceso de regeneración natural es dependiente de muchos factores ambientales relativos a la masa, vegetación asociada y de la interacción entre ellos, por lo que se producen variaciones en el número de pies regenerados significativas entre unas zonas y otras.

La realización de tratamientos selvícolas tiene distintos objetivos según la masa a tratar. Por eso, mediante estos tratamientos se contribuye a la conservación y a la mejora de los ecosistemas forestales, salvaguardando su potencial biológico, la capacidad productiva y su diversidad biológica y, sobre todo hay que tener en cuenta que se mejora e incrementa la resistencia de los montes para una futura propagación del fuego, y se favorece la regeneración de las masas degradadas.

Los tratamientos selvícolas aumenta la resistencia de las masas forestales frente a perturbaciones como por ejemplo: las plagas o los incendios. Una mejoría de las masas implica un aprovechamiento óptimo del agua del suelo, y por ello una menor incidencia de los incendios en las masas, esto acarrearía unos efectos positivos como es la protección del suelo, para evitar que los nutrientes se pierdan, el control de la erosión y la capacidad de las masas para su recuperación.

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

La regeneración natural es un proceso esencial para el mantenimiento de las masas forestales en el tiempo. Analizar la regeneración natural, teniendo en cuenta los tratamientos selvícolas utilizados para gestionar el monte, es de gran importancia para el desarrollo de modelos de gestión forestal sostenible.

El objetivo principal de este trabajo es la evaluación de la regeneración del pino carrasco en parcelas experimentales que fueron sometidas a diferentes tratamientos de cortas de regeneración, consistentes en una tanda de *entresaca por bosquetes*, en el que se ensayaron tres tipos de tamaños diferentes y otra tanda de cortas establecidas con criterio de *aclareo sucesivo uniforme* en las que se ensayaron dos intensidades diferentes. El tratamiento supuso realizar seis tratamientos con siete parcelas cuadradas, incluidas una parcela de control (30x30 m) y una segunda réplica del bosquete de 15 metros de lado, con diferentes tamaños entre los 15 m a los 45 metros de lado. Los tratamientos se llevaron a cabo hace aproximadamente 20 años. Para dicha evaluación se han inventariado diferentes variables: recuento de individuos (diseminado o regeneración incipiente y regenerado o plántulas establecidas con al menos un año de edad), altura, diámetro basal y diámetro normal.

Es importante conocer cómo ha evolucionado tanto a corto como a medio plazo la estructura de la vegetación, ya que puede ayudar a entender la mejor adecuación de los tratamientos selvícolas con la finalidad de regeneración de la masa y de mejora de las especies acompañantes como la encina, en este caso. De ahí, que un segundo objetivo sea analizar la cobertura de la estructura de la vegetación en función de los tratamientos realizados.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio: Localización y caracterización

El área de estudio se localiza en la comarca de La Serranía al noroeste de la provincia de Valencia, más concretamente en el término municipal de Tuéjar y Chelva; se encuentra a unos 630 m s.n.m.

Los montes de Tuéjar y Chelva están situados en la parte suroriental de la Cordillera Ibérica (Figura 3), formando así parte de las estribaciones secundarias que se adentra en la provincia de Valencia a través de las pertenecientes a Cuenca y Teruel por lo que originan una topografía accidentada.

Las parcelas del estudio se encuentran en los montes de Tuéjar, en los alrededores del portillo de la Montalbana ($39^{\circ}49'26.00''N$; $1^{\circ}05'47.01''O$) a unos 930 m s.n.m. En dichos montes existe un cortafuego perimetral el cuál divide las dos áreas de trabajo en Tuéjar izquierda con siete parcelas y Tuéjar derecha con otras siete parcelas. En la parte de Chelva no existe ninguna subdivisión, por lo que sólo realizamos siete parcelas situadas en la parte más elevada del Barranco del Fraile.

En 1998 se hicieron tratamientos selvícolas en tres réplicas diferentes (Tuéjar izquierda, Tuéjar derecha y Chelva) siendo un total de veintiuna parcelas, siete en cada réplica. Este estudio se basa en dos réplicas (Tuéjar izquierda y Chelva).

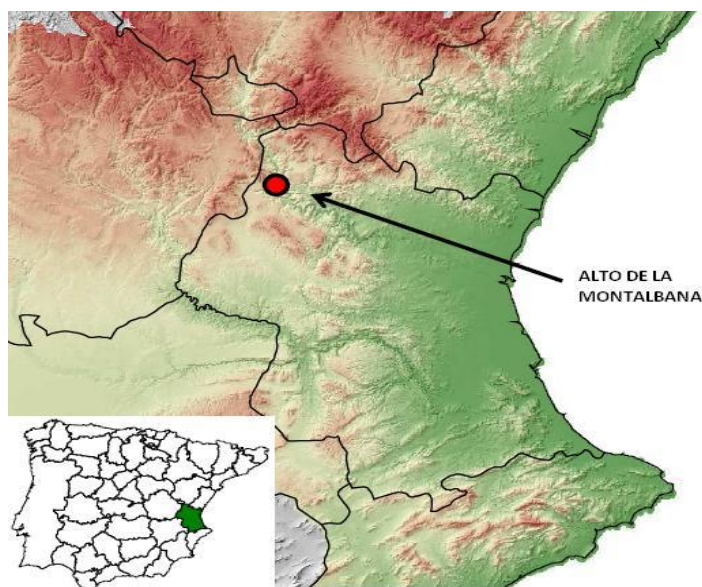


Figura 3. Localización geográfica del Alto de la Montalbana, provincia de Valencia.

Para acceder a la zona de estudio, está como principal vía de acceso la carretera comarcal CV-35, que une Valencia con Ademuz. Tuéjar se encuentra en el km 75 y para poder acceder a las parcelas debemos tomar el desvío que se encuentra en el

margen izquierdo en este mismo punto kilométrico, sin embargo el de Chelva está a 68 km y hay que tomar la pista forestal que encuentra a la derecha de la carretera pero en el kilómetro 83.

3.1.1. Geomorfología, geología y tectónica

El término municipal de Tuéjar está encuadrado en las Hojas Geológicas nº 637 "Landete", nº 638 "Alpuente", nº 665 "Mira", y nº 666 "Chelva" publicadas por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

El Informe de Sostenibilidad Ambiental del Plan General de Tuéjar de 2014 recoge que en La Serranía, se confrontan varios tipos de formaciones, en la parte suroriental se encuentra la influencia de la Cordillera Ibérica, en el suroeste está el sistema Prebético y en el oeste la Cordillera Catalana. Pese a todas las influencias que tiene ejerciendo alrededor, se puede afirmar que La Serranía pertenece al dominio del Sistema Ibérico. Es importante ubicar la comarca dentro de un sistema para así comprender mejor las formaciones geológicas que la forman.

Se puede distinguir cuatro áreas geomorfológicas grandes en dicha comarca. Estas son:

- En el norte, la Serranía Alta, cuyos municipios pertenecientes son: Alpuente, Aras, Titaguas, La Yesa. Aquí se encuentra la altiplanicie jalonada por relieves tabulares o también conocidos como muelas.
- En la zona central, se encuentran los municipios de Benagéber, Calles, Chelva y Tuéjar. Es aquí donde tiene una mayor presencia el río Turia, también se caracteriza por el valle secundario de Tuéjar-Chelva, la erosión tan intensa que sufren dichos terrones y la abundancia de manantiales que afloran.
- En la zona oriental, se encuentran: Alcublas, Andilla, Higuieruelas, Losa del Obispo y Villar del Arzobispo. Se divide en dos, una parte consta de laderas con suaves pendientes que están formadas por materiales acumulados de las zonas más elevadas, y por otro lado se encuentra el ensanchamiento del valle del Túria.
- Por último, se encuentra la zona meridional, es aquella que pertenece a los municipios de Bugarra, Chulilla, Gestalga, Pedralba y Sot de Chera. Se caracteriza por los pliegues que la forman y los pliegues-fallas de orientación NO-SE. Por lo que cabe destacar el sinclinal jurásico de Sot de Chera.

La disposición tectónica en el área sobre la que está el municipio de Tuéjar, es muy compleja por la presencia de una estructuración bastante violenta de directrices ibéricas (NO-SE) con fallas cabalgantes convergencia al SO y pliegues volcados. Esto tiene lugar por efectos de distensión que se han ocasionado ayudados de empujes orogénicos en dirección NE.

Las pacerlas del estudio, se encuentran en la zona donde se sitúa una falla cabalgante con una estructura nueva llamada, el sinclinal de Atalaya. Este sinclinal, agudo y con el flanco norte subvertical volcado, penetra y lo cruza en dirección SE-NO.

El área está cubierta por distintos sedimentos pertenecientes al paleozoico, se trata de un afloramiento de pequeño tamaño situado en el núcleo anticlinal principal. Se encuentra el periodo Triásico (Keuper, Muschelkaki y Buntsandstein), jurásico y cretácico también, siendo estos dos últimos carbonatados y con los dos episodios de Weald y de Utrillas. Cabe destacar que el Terciario y Cuaternario no se encuentran apenas representados.

Por último, en cuanto a la geomorfología, como hemos dicho anteriormente, predomina el Sistema Ibérico y la orientación NO-SE. En términos generales, se trata de un territorio altamente fracturado y disgregado que forman pequeños bloques, unidos por sierras y valles.

Existe una característica geomorfológica principal a tener en cuenta y es que existen zonas prácticamente llanas y piedemontes a unos 400 m, lo que ha ayudado a la ocupación agrícola.

3.1.2. Climatología

El término municipal de Tuéjar, se encuadra como el resto de la Comunidad Valenciana en un dominio regional de clima mediterráneo occidental. Este se caracteriza por tener inviernos moderados y veranos calurosos, concretamente en verano se da un periodo seco.

Hay que remarcar la importancia del relieve, ya que teniendo en cuenta el clima comarcal, según el Atlas Climático de la Comunidad Valenciana, Tuéjar está clasificado en la tipología de "Climas de los Valles del Turia y Palancia (Pérez, 1994).

El Informe de Sostenibilidad Ambiental del Plan General de Tuéjar de 2014 indica que el relieve es la característica que diferencia estas comarcas del resto, ya que dicho relieve tiene lugar en torno a sierras individualizadas y valles abiertos de orientación ibérica. Es de gran importancia tanto para las precipitaciones como las temperaturas, es decir, para el clima en general.

Las precipitaciones se ven afectadas por el efecto de sombra pluviométrica y por las características del terreno valenciano en los cuales escasea la lluvia. Por ello hay sectores que pueden llegar a rasgos semiáridos.

Para las temperaturas, se puede observar grandes contrastes sobre todo en invierno, además se producen heladas debidas a la elevada altitud de la zona. Esta época abarca desde los meses de diciembre hasta febrero. Hay que tener en cuenta también la insolación, hay una cantidad anual de horas de sol, entorno a las 2.600 horas.

3.1.2.1 Valores climáticos

El estudio climático ha sido realizado utilizando la información procedente de la estación termopluviométrica de Tuéjar, estos datos han sido proporcionados por la Agencia Estatal de Meteorología.

El clima de dicha zona se clasifica como monoxérico mesomediterráneo atenuado, según la clasificación FAO-UNESCO (Escrig, 2005a).

Hay que destacar la sequía estival típica de los ambientes mediterráneos que se encuentra en esta zona ya que hay poca precipitación en julio y las temperaturas son muy elevadas.

La Tabla 1 recoge los datos de la estación termopluviométrica de Tuéjar (600 m s.n.m.) proporcionados por la Agencia Estatal de Meteorología, el Alto de la Montalbana se encuentra a 960 m s.n.m.

Tabla 1. Datos climatológicos de la zona obtenidos de la estación de Tuéjar. Fuente: AEMET (tm, temperatura media, T la media de las temperaturas máximas, t la media de las temperaturas mínimas -periodo de 1994-2011, excepto el 2004 y 2005)-, T' la media de las temperaturas máximas absolutas, t' la media de las temperaturas mínimas absolutas y P media de las precipitaciones mensuales – periodo 1970-2011).

MES	tm (°C)	T (°C)	t (°C)	T' (°C)	t' (°C)	P (mm)
Enero	7,5	12,6	2,3	19,4	-3,2	25,3
Febrero	9,1	15,1	3	21,8	-2,4	27,3
Marzo	11,5	17,9	5	25,7	-0,2	28,9
Abril	13,3	19,9	6,7	27,8	1,5	46,8
Mayo	16,9	23,6	10,1	32,4	5,2	46,2
Junio	21,4	28,9	13,8	35	9,1	31,7
Julio	24,2	31,8	16,6	36,6	12,9	13,6
Agosto	24,2	31,8	16,6	36,6	12,9	26,8
Septiembre	20,1	26,7	13,5	32,9	8,7	39,4
Octubre	16	22	10	28,7	5	49,3
Noviembre	10,9	16,3	5,5	23,3	0,2	37,7
Diciembre	7,9	13,2	2,6	20,6	-2,4	37,5
Media	15,2	21,7	8,8	28,4	3,9	Total 410

El diagrama ombrotérmico de Gausen para la estación de Tuéjar, se ha elaborado con los valores de precipitación y temperatura media anual y mensual. Gausen establece un mes ecológicamente seco cuando la curva de temperaturas se encuentra por encima de la de precipitaciones.

A continuación, en el diagrama de la (Figura 4), destaca un periodo seco en la época estival, es decir, en los meses de junio, julio y agosto, con lo cual se trata de un clima monoxérico, ya que solo presenta un periodo seco.

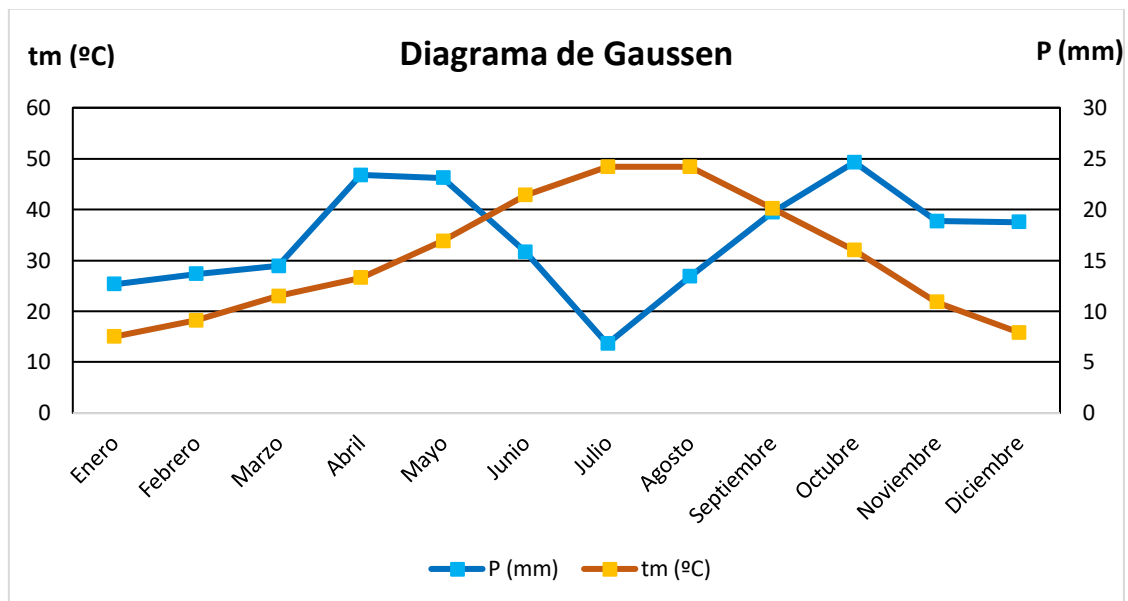


Figura 4. Diagrama ombrotérmico de Gausson para la estación de Tuéjar (P media de las precipitaciones mensuales y tm , temperatura media). Fuente: elaboración propia.

3.1.3. Vegetación

La vegetación de la zona de estudio (Tuéjar y Chelva) es un bosque denso de pino carrasco de más de 80 años de edad, turno de edad para este pino en este monte.

Se entiende por vegetación potencial, el conjunto de comunidades vegetales que constituyen las cabezas de serie presentes en el territorio y que, en ausencia de la actividad del ser humano, deberían constituir su cubierta vegetal. Vendría condicionada por el clima, sobre todo por los regímenes de precipitación y temperaturas y en segundo lugar por las características del suelo.

El pino carrasco es la especie dominante del estrato arbóreo en estas tierras con ligera representación de encinas en un estado latente debido al dominio del pinar. Pero, también el estrato arbustivo se encuentra dominado por sabina común (*Juniperus phoenicea*), el enebro (*Juniperus oxycedrus*) y la coscoja (*Quercus coccifera*). En un estrato inferior o subarbustivo, están presentes algunas especies relativamente frecuentes como la hierba yesquera (*Brachypodium retusum*), estepa blanca (*Cistus albidus*), tomillo (*Thymus communis*), romero (*Rosmarinus officinalis*), romerillo falso (*Cistus clusii*), aliaga (*Ulex parviflorus*), etc.

Los trabajos de inventariación de las parcelas alcanzó la descripción de la vegetación del entorno de los puntos o subparcelas en los se determinó la regeneración del pinto. Se identificó así la vegetación presente en cada caso describiendo la flora o conjunto de especies, y la importancia del matorral anotando con dicho recuento las cubiertas de estas especies y del total de la subparcelas.

3.1.4. Hidrología

El término municipal de Tuéjar pertenece a la Confederación Hidrográfica del Júcar. Además del Sistema de Explotación del Túría, comprende la cuenca perteneciente al río Turia.

La red fluvial, principalmente está conformada por el río Turia, los aportes hídricos que ocurren por los torrentes y barrancos originados por los deshielos en la zona de su nacimiento y por supuesto, por las fuertes tormentas que se producen en su cuenca.

Hay que tener en cuenta también, que el río Tuéjar nace en la Rambla de Arquela y desemboca en el Pantano de Loriguilla, siendo así un afluente del río Túría que desemboca en el mar Mediterráneo. Es un río alóctono ya que nace y discurre en su gran mayoría por tierras aragonesas pasando por la comarca de la Serranía. En la Comunidad Valenciana, es el segundo río más importante con una longitud de unos 280 km hasta llegar a la desembocadura en Valencia.

Existe la presencia de materiales calizos, teniendo estos una gran capacidad de infiltración favoreciendo así la existencia de flujos subterráneos. Este material, es resistente a la erosión y por ello da lugar a que el drenaje discurra por valles estrechos creando barrancos y cauces por los que acabaran pasando cursos fluviales de carácter estacional.

3.2. Descripción de las parcelas y los tratamientos

Hace casi 20 años, en la primavera de 1998, se llevaron a cabo diferentes tratamientos selvícolas de regeneración del pinar *P. halepensis* que tuvieron lugar en 21 parcelas experimentales en la provincia de Valencia, concretamente en los montes de Tuéjar y Chelva (Figuras 5 y 6). Dichos tratamientos se llevaron a cabo en unas zonas de pinar adulto poco intervenido y consistieron en cortas con *criterio de aclareo sucesivo uniforme*, es decir con reserva de masa para la corta final, y cortas de *entresaca por bosquetes*. Dentro de las parcelas experimentales se incluyeron parcelas en las que no hubo intervención y se denominaron parcelas control. En total siete parcelas por tres réplicas. En este estudio se han tenido en cuenta las réplicas denominadas Tuéjar derecha y Chelva.

La Tabla 2 recoge los tratamientos selvícolas que se llevaron a cabo.

Tabla 2. Denominación de los diferentes tratamientos selvícolas e intensidades realizados según las parcelas ensayadas en el monte de Tuejar y el de Chelva (Valencia).

Tratamiento	Descripción	Área eliminada (%)
C	Controles sin tratamiento	0%
ASUD	Cortas con criterio de aclareo sucesivo uniforme de intensidad débil	Se eliminó el 60 % de los pies
ASUF	Cortas con criterio de aclareo sucesivo uniforme de intensidad fuerte	Se eliminó el 75% de los pies
B	Cortas a hecho	Se eliminó el 100 % de los pies

Una mayor descripción de los tratamientos se encuentra en Galiana *et al.*, (2001), Escrig (2005b) y González *et al.*, (2005).

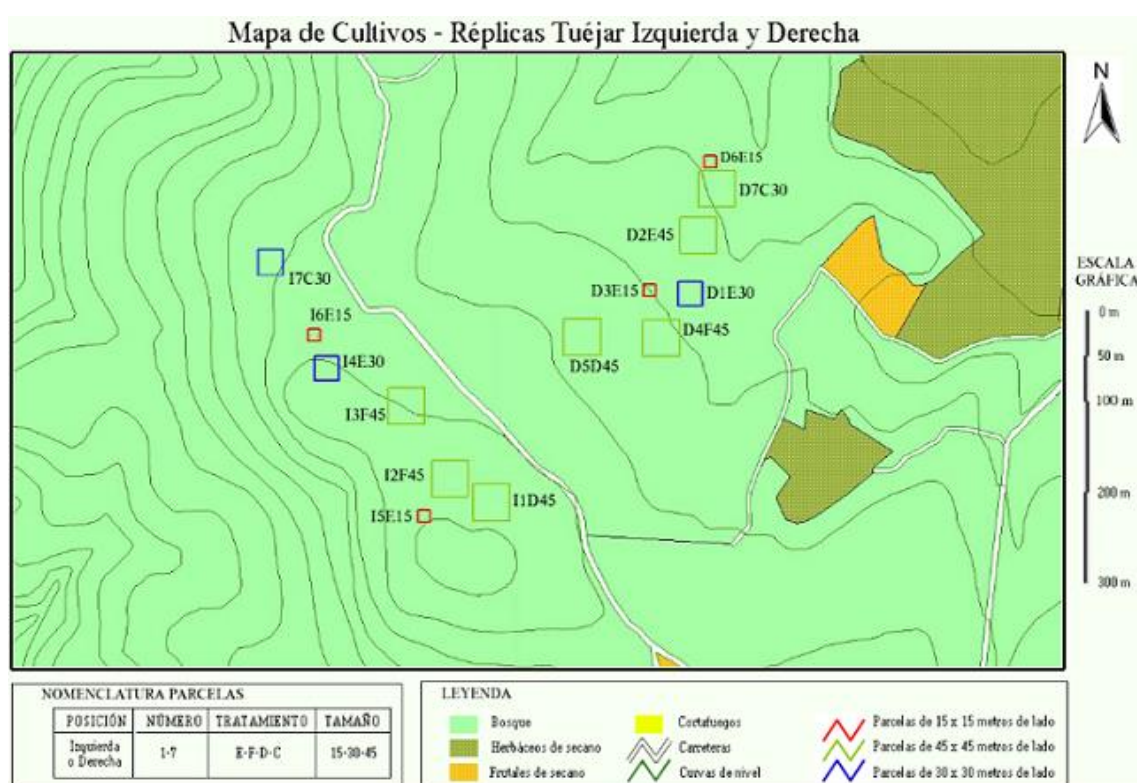


Figura 5. Disposición de las parcelas experimentales del monte de Tuéjar. Fuente: Escrig, 2005a.

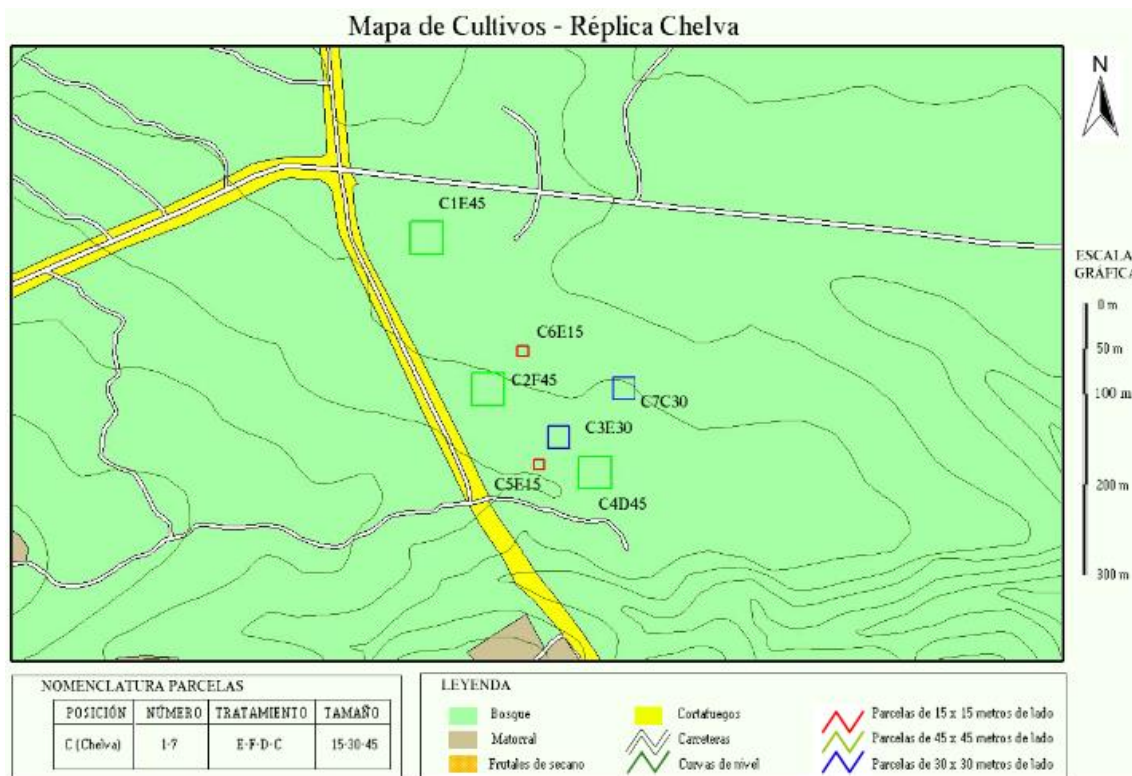


Figura 6. Disposición de las parcelas experimentales del monte de Chelva. Fuente: Escrig, 2005a.

A continuación se describen los tratamientos selvícolas de aclareo sucesivo uniforme, denominados aquí con el acrónimo de ASU, y los de entresaca por bosque.

3.2.1. Aclareo sucesivo uniforme (ASU)

En 1998, se realizaron claras de dos intensidades distintas, una corta débil (ASUD) en la que se propuso que se dejara el 40% de los pies y otra fuerte (ASUF), en la que se respetarían el 25% de los árboles existentes inicialmente. Los criterios de contabilidad que se tuvieron en cuenta a la hora de señalar los árboles en pie fueron:

- Homogeneización de la masa, mediante una corta mixta (eliminación de pies menores o dominados y de aquellos pies muy adultos ya en decrepitud, muy dominadores en la masa).
- Selección de los sujetos de mayor calidad: árboles sanos, de ramas delgadas, con un fuste recto, corteza fina, una copa bien equilibrada y que no tengan ningún tipo de bifurcación aceptada más allá de los dos tercios del fuste.
- Proporcionar una distribución homogénea de los pies de la masa dentro de las parcelas.

Todas las parcelas con tratamiento ASU se establecieron con un tamaño comparable e importante, estableciéndose como el más apropiado el de parcelas cuadradas de 45x45 m orientadas sus lados de norte a sur o este-oeste.

3.2.2. Entresaca por bosque

La *entresaca por bosque* que se llevó a cabo consistió en la eliminación del estrato arbóreo adulto presente en las parcelas de tal forma que la radiación incide totalmente en la superficie del suelo. La única sombra existente derivada del estrato arbóreo es la del matorral de la parcela, la de los pies menores (en este caso de pino y de encina) y la sombra creada por los árboles del borde que proyectan con una altura media dominante cercana a los 12.5 metros, sombra parcial a lo largo de cada jornada produciéndose lo que se denomina como “efecto de borde”.

Según la definición francesa (Boudru, 1989) y la propuesta de Madrigal (1994), en sentido estricto hay tres tipos de bosquetes en relación a los tamaños medios de la actuación, que se aplican para los tratamientos en gestión de los bosques:

- Bosquete pequeño: es menor de 0.5 ha
- Bosquete mediano: entre 0.5 – 1 ha
- Bosquete grande: 1- 5 ha

Al tratarse de parcelas experimentales y para medir los efectos de la corta sobre la vegetación y la regeneración, los autores (Galiana *et al.*, 2001) establecieron una comparación de parcelas de tamaño menor resultado de establecer tres múltiplos de una altura semejante a las alturas medias de la masa arbórea en la localidad, establecida como altura dominante media estándar igual a 15 m. Finalmente se dispusieron parcelas en bosque de 15x15 m (225 m²), 30x30 m (900 m²) y 45x45 m (2025 m²). Por lo que se puede decir, estableciéndolas la comparativa de las superficies tratadas en dicho estudio, que se corresponden un rango de tamaño de bosquetes pequeños.

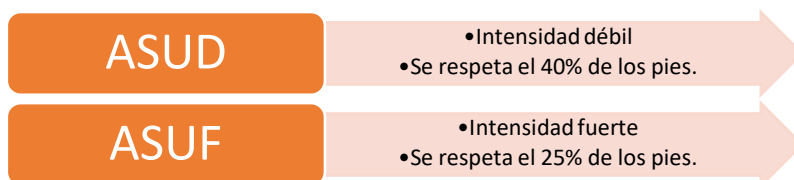
3.3. Número y distribución de los tratamientos selvícolas

Las parcelas que se aplicaron en el estudio, son de forma cuadrada y con una orientación norte-sur, ya que es una forma de facilitar el replanteo y la toma de datos, y la modelización de la influencia de la sombra respecto de la superficie de la parcela. Los diferentes tamaños en los que se dividieron los tratamientos en las parcelas, son en función de la altura dominante de la masa que se estableció en 15 m, por ello, los tamaños elegidos son los nombrados anteriormente, 15x15 m, 30x30 m y 45x45 m.

Se trataron 21 parcelas (Tabla 3), cuya descripción se realiza a continuación. Dichas parcelas están repartidas en tres réplicas: Tuéjar izquierda, Tuéjar derecha y Chelva. En este estudio se han inventariado dos de estas réplicas: Tuéjar izquierda y Chelva.

- Tres parcelas Control de 30x30 m. Son aquellas en las que se ha conservado el 100% de la masa ya que no se realizó ningún tratamiento. Sólo hay una parcela por réplica, que da referencia de la evolución de la masa sin tratamiento durante el proceso de seguimiento de las investigaciones.

- Seis parcelas de 45x45 m, sometidas al tratamiento de *aclareo sucesivo uniforme* (ASU) cuyo objetivo es el de una corta *preparatoria o diseminatoria* pero dejando un leve dosel arbóreo que protegerá al regenerado de la radiación incidente, que fue caracterizada por (Galiana *et al.*, 2001). La densidad del dosel varía en consecuencia de la intensidad del tratamiento y de la ejecución real de este en el momento de su realización. Se establecieron dos tipos de intensidades en el estudio:



Hay dos parcelas por réplica, una ASUD y otra ASUF.

- 12 parcelas del tratamiento de entresaca por bosque, eliminando todo el estrato arbóreo existente. Hay que tener en cuenta que se diseñaron distintos tamaños, 15x15 m, 30x30 m y 45x45 m. Hay cuatro parcelas por cada réplica pues lo autores decidieron replicar a su vez la parcela menor (2 de 15x15 m) para facilitar la comparación de resultados, debido a la gran variabilidad de la cubierta del monte.

Así pues, la cantidad de luz recibida por el regenerado dependerá tanto del tratamiento aplicado como de la superficie de la parcela, ya que hay que tener presente el efecto borde indicado anteriormente. Además, también la densidad de la vegetación heliófila del matorral, que responde bien a la luz y calentamiento del suelo, puede tener mucho que ver con dicho factor.



Figura 7. Imágenes de los diferentes tratamientos aplicados a las parcelas de estudio.

La Figura 7 muestra las tres situaciones genéricas del tratamiento, la no actuación en la parcela control, con arbolado original de varias clases diamétricas aun pudiendo tener edades semejantes, en el centro una entresaca por bosque, donde se aprecia el borde de la parcela y la respuesta de la aliga que da, por su flor, tonalidades amarillentas en la imagen, y finalmente el efecto de una corta no completa de la masa

con en la aplicación de un corta con criterio de aclareo sucesivo uniforme de intensidad débil.

La Tabla 3, resume los tratamientos y características del experimento llevado a cabo en la zona en la que se establecieron tres replicas (dos en el monte de Tuéjar y una en el monte de Chelva).

Tabla 3. Descripción según tratamiento, dimensiones, número de parcelas y características ($h^=15$ m, h^* es la altura dominante estándar usada como referencia para la definición del tamaño de las parcelas).*

Tratamiento	Dimensiones	Parcelas/Réplica	Características
Control	30x30 m	1	Sin tratamiento
Entresaca por bosquetes	$h \times h^*$, 2h x 2h, 3h x 3h	4 (una de 2h y 3 h, dos de h)	Variación en el tamaño
Aclareo Sucesivo Uniforme	45x45 m	2 (intensidad débil y otra fuerte)	Dos intensidades: débil y fuerte.

Para poder realizar un mejor trabajo de campo y de recogida de datos, se realizó una codificación individualizada (Tabla 4) para cada una de las parcelas; dicha codificación es la que se ha seguido a lo largo de su estudio.

Tabla 4. Codificación de las parcelas, basada en: réplica-nº inicial-tratamiento-tamaño de la parcela.

CÓDIGO PARCELA	RÉPLICA	TRATAMIENTO	TAMAÑO
I1D45	Tuéjar izquierda	Aclareo Sucesivo Débil	45x45m
I2F45	Tuéjar izquierda	Aclareo Sucesivo Fuerte	45x45 m
I3E45	Tuéjar izquierda	Entresaca por Bosquetes	45x45 m
I4E30	Tuéjar izquierda	Entresaca por Bosquetes	30x30 m
I5E15	Tuéjar izquierda	Entresaca por Bosquetes	15x15 m
I6E15	Tuéjar izquierda	Entresaca por Bosquetes	15x15 m
I7C30	Tuéjar izquierda	Control	30x30 m
D1E30	Tuéjar derecha	Entresaca por Bosquetes	30x30 m
D2E45	Tuéjar derecha	Entresaca por Bosquetes	45x45 m
D3E15	Tuéjar derecha	Entresaca por Bosquetes	15x15 m
D4F45	Tuéjar derecha	Aclareo Sucesivo Fuerte	45x45 m
D5D45	Tuéjar derecha	Aclareo Sucesivo Débil	45x45 m
D6E15	Tuéjar derecha	Entresaca por Bosquetes	15x15 m
D7C30	Tuéjar derecha	Control	30x30 m
C1E45	Chelva	Entresaca por Bosquetes	45x45 m
C2F45	Chelva	Aclareo Sucesivo Fuerte	45x45 m
C3E30	Chelva	Entresaca por Bosquetes	30x30 m
C4D45	Chelva	Aclareo Sucesivo Débil	45x45 m
C5E15	Chelva	Entresaca por Bosquetes	15x15 m
C6E15	Chelva	Entresaca por Bosquetes	15x15 m
C7C30	Chelva	Control	30x30 m

3.4. Muestreo

3.4.1 Características y disposiciones de las subparcelas

El estudio consta de una parte fundamental de conteo de *P. halepensis*, tanto de las situaciones de desarrollo de diseminado como del regenerado.

- *Diseminado*: son aquellos pies anuales no ramificados o en su caso parametrizados como menos de 15 cm, que constituyen individuos que no han superado el primer año de vida y no se puede establecer si su supervivencia será efectiva.
- *Regenerado*: pies ramificados o que han superado los 15 cm de altura, que se considera que tienen una edad superior a un año por lo se les suponen que han superado el período crítico de un año y su viabilidad en mayor como planta del estrato subarbustivo.

Para llevar a cabo dicha parte, se replantean unas subparcelas circulares de radio fijo y con una distribución fija e uniforme en la parcela, según sus tamaños. Finalmente se idearon dos subparcelas concéntricas de radio distinto para determinar el diseminado y caracterizar el regenerado. Se busca cubrir la parcela de la forma más homogénea posible, y por ello se diseñó la distribución de las subparcelas dentro de cada una de ellas. La insolación fue un factor determinante ya que en las parcelas de entresaca por bosque en las cuales se eliminó totalmente la vegetación, la radiación solar varía en función del posicionamiento del centro de la parcela (la insolación es máxima), o de los extremos de la parcela (donde afecta a subparcelas con mayor insolación y otras con menor).

Por otro lado, tanto en las parcelas control (que no se ha realizado ningún tratamiento) como en las parcelas con tratamientos de aclareo sucesivo uniforme, no se ha eliminado el total de la vegetación por lo que la cantidad de luz recibida en la parcela es más homogénea y se deduce que todas las subparcelas deberían recibir una similar cantidad de luz .

Se considera el número de subparcelas a replantar en función del tamaño de la parcela. Es decir, el objetivo era conseguir una muestra representativa de cada una de las parcelas que permitiese extraer las conclusiones. Como es evidente, a mayor superficie mayor número de subparcelas, por lo que para las parcelas de 45x45 m se establecen cinco subparcelas, tres en las de 30x30 m y finalmente dos en las de 15x15 m.

La división y la colocación de las subparcelas se hacen siguiendo las diagonales principales de las parcelas (Figura 8). Se utilizan las dos diagonales en aquellas parcelas que cuente con 5 subparcelas, mientras que en las de tres subparcelas se dividen a lo largo de una única diagonal, pero con una misma orientación siempre norte-sur. En el caso de las parcelas de 15x15 m que solo cuentan con dos subparcelas, se hace la toma de datos en las dos de los extremos de una misma diagonal.

El replanteo de las parcelas se llevó a cabo estableciendo equidistancias de las parcelas periféricas respecto de la central y sobre las diagonales elegidas. En la Tabla 5 se puede ver los resultados para el muestreo ubicación de las subparcelas en las diagonales de cada parcela.

Tabla 5. Descripción de los emplazamientos del replanteo de las subparcelas de evaluación de la regeneración según el tipo de parcela inventariada.

PARCELA	DIAGONALES	NÚMERO DE SUBPARCELAS	DISTANCIA ENTRE SUBPARCELAS SOBRE LA DIAGONAL (m)
45x45 m ²	2	5	16
30x30 m ²	1	3	10.6
15x15 m ²	1	2	7

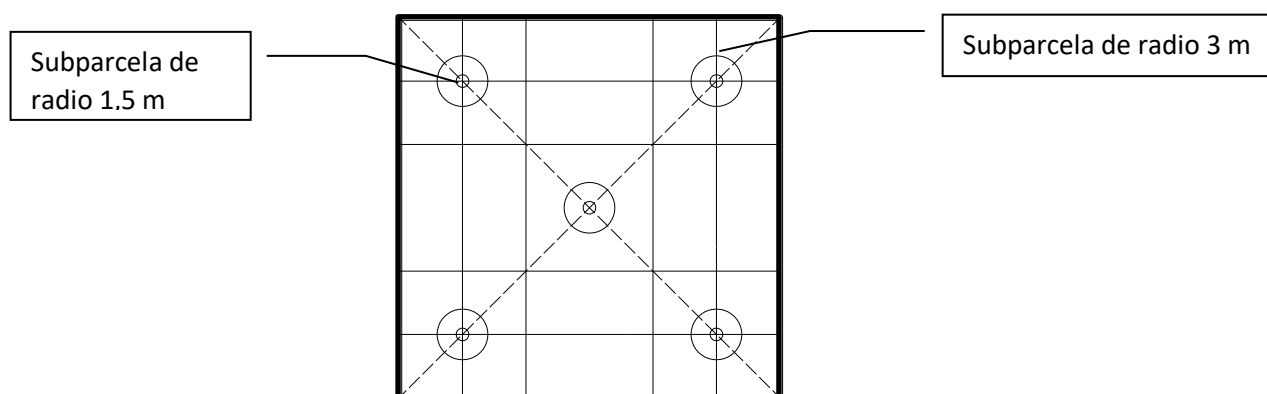


Figura 8. Esquema de la distribución de las subparcelas circulares de evaluación del regenerado sobre las diagonales de las parcelas cuadradas.

Ahora que ya se tiene la distribución y el número de subparcelas, el siguiente punto a tener en cuenta ha sido su tamaño. Por ello, como ya hemos comentado anteriormente, se diseñaron dos subparcelas circulares y concéntricas.

- La subparcela circular interna es de 1.50 m de radio. En ella se llevó a cabo el conteo de los pies del estrato de diseminados.
- La subparcela circular externa es de 3 m de radio. Se contaron y describieron los pies regenerados y se caracterizó la cubierta de la vegetación arbustiva de la subparcela.

3.4.2 Sistema de trabajo

En cuanto al trabajo de campo que se llevó a cabo, lo primero es localizar las parcelas mediante los vértices de color verde que las delimitan.

En las parcelas de 15x15 m, para encontrar el centro de esta, se midieron 5x5 metros desde el vértice de uno de los lados de la parcela (usando las cintas métricas grandes) teniendo en cuenta la diagonal y el otro vértice situado al otro lado de la parcela, para así sacar el centro de la subparcela en la cual se trabajaría. Ahí se posicionó el vértex.

Para las parcelas de 30x30 m la distancia a tener en cuenta era de 7.50 metros y para las parcelas de 45x45 m de 11.3 metros.

Después de tener localizado el centro, se señaló con dendrómetro del tipo *vértex IV*, instrumento que se utiliza aquí para realizar las mediciones de distancias proyectadas (las pendientes son ligeras y en general menores del 5%) de manera más precisa y rápida que con cintas métricas, debido a que hay zonas con mucha vegetación.

Seguidamente, se pasó a dividir en cuatro cuadrantes la subparcela. Esta subdivisión facilita el conteo y favorece la toma de datos.

Posteriormente se localizaron los cuatro puntos denominados en la Figura 9 como N, S, E y W. Dichos puntos se localizaron a 3 metros desde el centro, es decir la circunferencia exterior de radio=3 m, usando el vértex y marcándolos con los jalones. A continuación, se dispusieron en el suelo 4 cintas métricas semirígidas de 1.50 metros, que serán las que delimitarán la circunferencia interior de $r=1.50$ m, subdividiendo la subparcela en 4 cuadrantes.

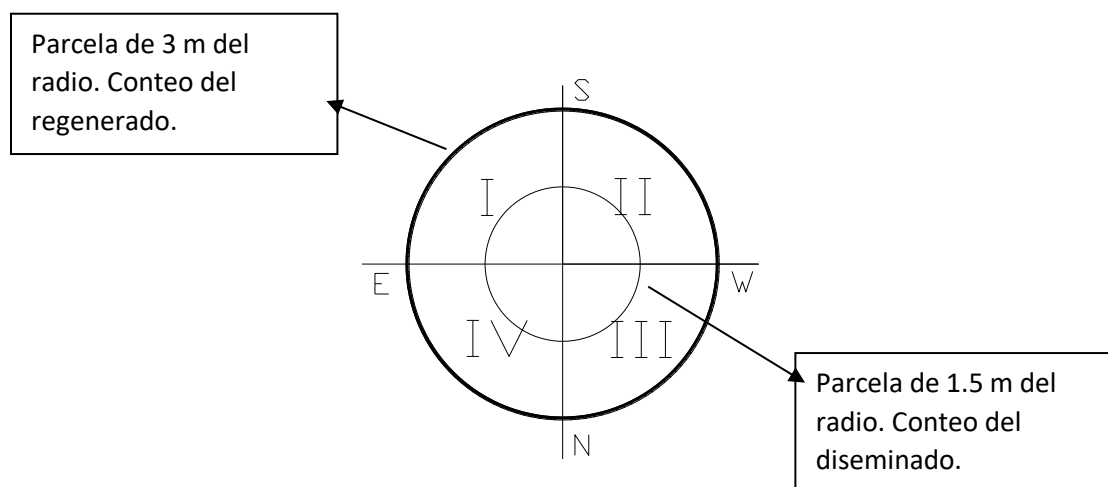


Figura 9. Esquema de los cuadrantes de cada subparcela para facilitar el conteo del diseminado, la caracterización del regenerado y la estimación de las cubiertas de las principales especies de subarbustivas.

Una vez ya marcada la parcela y orientada, se pasó a hacer un recuento de los *P. halepensis* en la circunferencia de radio 1.50 metros, tanto de los regenerados como de los diseminados. Los que son regenerados, no se cuentan en esta parte ya que se han contado por separado e individualmente para medirlos.

Por último, se pasa a hacer una lectura estimada de la vegetación que configura la parcela, es decir el estrato arbustivo y su cobertura. Estos datos se recogen por cuadrantes que previamente se han dividido en la subparcela. Se toman además de

los datos individuales de las especies arbustivas y herbáceas, un porcentaje sobre el suelo desnudo o descubierto de vegetación de cada cuadrante.

En el caso de pinos carrascos arbustivos, es decir, determinados aquí como mayores de 50 cm de altura, se marcaba y se medía el diámetro basal (Db a 20 cm de la base), si era mayor de 1.30 metros se medía también el diámetro a dicha altura (Diámetro normal, Dn). Se mantiene también el seguimiento de algunos regenerados adultos fuera de la parcela, por lo que se indica su presencia y se caracteriza su altura y diámetro en algunos de ellos lo que facilita la localización de las parcelas y de los individuos en futuros recuentos y estudios.

Los resultados obtenidos están plasmados en los estadillos que pueden ser de gran utilidad a la hora de consultarlos para futuros proyectos.



Figura 10. Imagen del sistema de sectorización de la subparcela circulares en cuadrantes con el replanteo de los vértices de los radios cardinales a tres metros del centro y señalamiento de la subparcela de 1.5 metros por medio de metros semirigidos para estimar el estrato diseminado.

3.4.3. Parámetros utilizados en el estudio

El objetivo principal del estudio es conocer el estado del regenerado del Pino Carrasco, por lo que el inventario se centra en el conteo de los diseminados y regenerados existentes en las subparcelas de cada parcela experimental. Como ya hemos explicado anteriormente, los diseminados son aquellas plantas inferiores a un

año o de altura inferior a 15 cm, y por otro lado están los regenerados, que se trata de aquellos que han superado el año de vida o supera los 15 cm.

Hay que tener en cuenta, aquellos pies mayores de 50 cm, o que destacan sobre el resto por su buen fenotipo, su robustez, su vigorosidad, supervivencia asegurada, etc. se les toma nota y se miden diferentes parámetros (Figura 11):

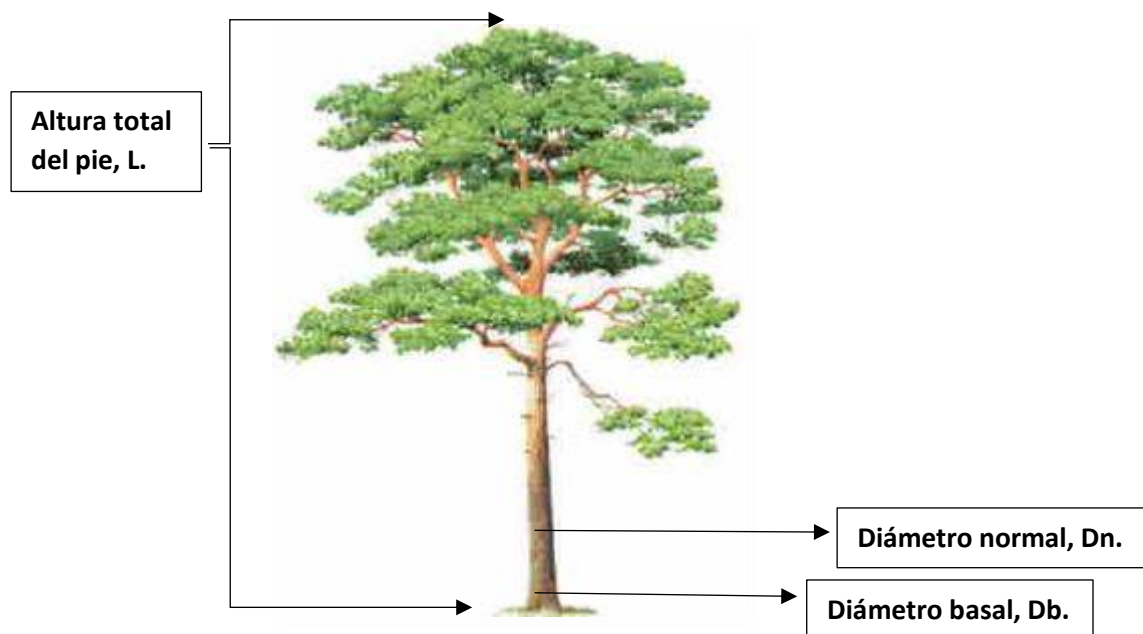


Figura 11. Parámetros estudiados en *P. halepensis*. Fuente: Elaboración propia.

- Altura total del pie, L: es la altura total del árbol, es decir, la distancia máxima que existe entre el punto más alto de la copa viva y la superficie del terreno. Se utiliza para medirlo una pértiga de medición forestal.
- Diámetro basal del tronco, Db: se usa un pie de rey, para así medir el diámetro a 20 cm del suelo.
- Diámetro normal, Dn (tienen que ser mayores de 1.30 m): Se usa el pie de rey y se toma la medida a la altura de 1.30 metros.

Los pies de más de 50 cm fueron numerados con unas etiquetas, las cuales se apuntaron en los estadillos, de tal forma que así quedan localizados para futuros inventarios y podrá estudiarse su evolución a lo largo de los años.

También se contabilizan y se toma nota de aquellos pies representativos con opciones claras para el desarrollo que están a los alrededores de las subparcela. Se etiquetan y se miden los mismos parámetros que en los individuos de más de 50 cm, pero no se tienen en cuenta a la hora de obtener la densidad en el cálculo final.

Por último, como se ha citado anteriormente, la cobertura de la vegetación heliófila resulta relevante y es de gran importancia a la hora del análisis del estado del regenerado, por ello se anotó el grado de cobertura, en porcentaje, de cada especie.

Para estimar la presencia e importancia de la especie en la subparcela, se valoró el índice de cobertura con aproximación del 5% para estimar la cobertura individual de cada especie en cada cuadrante. El valor de la parcela es la media de estos valores.

Debido a que es un estudio que tiene continuidad respecto del anterior (Lamar, 2008) y que existe previsión de futuros recuentos a unos 10 años vista, lo ideal es mantener elementos de referenciación relevantes en las subparcelas o alrededores. Han sido útiles las referencias de estacas de maderas, etiquetas en el suelo y la posición relativa de pinos regenerados arbustivos inventariados con anterioridad.

Finalmente, se hizo un recuento de especies en las parcelas como conjunto de las especies vistas en los diferentes cuadrantes.

3.5. Material empleado

Para la realización del estudio y sus correspondientes salidas de campo, se necesitaron unos materiales los cuales se plasman en el siguiente listado:

- Cinta métrica: necesaria para medir las distancias desde las esquinas de las parcelas hasta el punto central de la subparcela.
- Pie de rey o calibre: para medir el diámetro basal y normal de los pinos.
- Cámara de fotos: para fotografiar las subparcelas y aspectos relevantes que hay que tener en cuenta a la hora del estudio.
- Estadillo de campo: se utilizaron unas plantillas similares para recoger los datos del trabajo de campo.
- Etiquetas de marcado: Se utilizan para marcar aquellos pies desarrollados que destacan sobre el resto por haber superado con éxitos los primeros años de vida. Estas se enganchaban holgadamente en las ramas o el tronco a la altura más o menos estimada de 1.30 metros.
- Rollo de alambre: necesario para colgar las etiquetas en los pies.
- Flexómetro 1.50 metros: Utilizadas para medir los cuadrantes de la circunferencia interior de las subparcelas, en las cuales tendría lugar el recuento de diseminados y regenerados.
- Vértex IV: Instrumento de medición que sirve para medir distancias y alturas. Lo utilizamos como centro de las subparcelas.
- Jalones topográficos: son utilizados para marcar las subparcelas de radio 3 m, colocándolas en cruz.
- Pértiga: utensilio de medición que servía para medir los pies más altos en los que no nos era posible usar las cintas métricas.

3.6. Análisis multidimensional

Una alternativa para la estadística tradicional y el tratamiento de datos no convencionales, son las técnicas de análisis multidimensional, favoreciendo la utilización conjunta de las técnicas conocidas como cuantitativas y cualitativas.

Este tipo de análisis estadístico permite conocer las posibles relaciones que existen entre diferentes variables independientes. La relación entre las variables y su intensidad depende de la naturaleza de las mismas. Existen diferentes tipos, y es por ello que en este trabajo se han aplicado las técnicas de análisis de componente principales, son aquellas que permiten obtener combinaciones lineales de aquellas variables que aportan una mayor contribución a la explicación de la varianza del conjunto de datos obtenidos. Es necesario construir una matriz de varianzas y covarianzas de estas variables.

Los datos fueron sometidos a un análisis simple y multifactorial ANOVA para las distintas variables, como fueron tratamiento, posición de la subparcela y la zona. El software utilizado para el análisis estadístico fue Stargraphics XVI –X64.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Densidades obtenidas de la regeneración del pinar

Las condiciones ambientales y de la vegetación de cada parcela se manifiestan de forma diferente en función de la localización derivada de la réplica y de la parcela, y de las condiciones del tratamiento establecido. Además, se dan diferentes situaciones que dependen de diversas causas de la composición de la masa previa al tratamiento y su respuesta posterior a puesta en luz, pues aunque la elección de las parcelas se establecen con criterios de semejanza, la variabilidad espacial es elevada. Por tanto, estos aspectos ambientales influyen en el diseminado y en su pervivencia como regenerado, por lo que las densidades esperadas y obtenidas por cada tratamiento en cada réplica son variables.

Para permitir una comparación efectiva entre las diferentes parcelas y tratamientos se relativizan los valores a una referencia constante de una hectárea de superficie, salvaguardando la interpretación derivada del tamaño de la muestra o parcela en cada caso. Los valores de densidad media del total del regenerado que se ha obtenido según el tratamiento y la réplica se resumen en las Tablas 6 y 7 siguientes.

Tabla 6. Resultado de la densidad media (pies/ha) de la regeneración del pinar según tratamiento y superficie en la réplica de Tuéjar derecha (Valencia).

	TUÉJAR DERECHA			
	ASU D	ASU F	Entresaca	Control
45x45	12.025	17.896	2.263	--
30x30	--	--	12.025	2.358
15x15	--	--	6.101	--

Tabla 7. Resultado de la densidad media (pies/ha) de la regeneración del pinar según tratamiento y superficie en la réplica de Chelva (Valencia).

	CHELVA			
	ASU D	ASU F	Entresaca	Control
45x45	26.949	3.041	2.900	--
30x30	--	--	472	943
15x15	--	--	13.262	--

Al observar la comparativa de los datos obtenidos de las dos parcelas, se ve una densidad muy elevada (pies/ha) en la réplica de Chelva (ver Tabla 7), concretamente en el tratamiento de aclareo sucesivo uniforme de intensidad débil (ASUD). La diferencia en comparación con la parcela más próxima que coincidiría con la zona de Tuéjar derecha y con el tratamiento de entresaca por bosquete de superficie 15x15 m, es de 20.848 pies/ha.

En cuanto a la comparación de los resultados de Tuéjar derecha y Chelva, no existen grandes diferencias ni ninguna zona que se desmarque como superior que la otra, pero se pueden realizar las siguientes afirmaciones:

-En cuanto a la entresaca por bosque de 45x45, presenta coeficientes de variación bajos en todas las comparaciones que se han establecido, por lo que significa que las diferencias entre réplicas son pequeñas.

-La entresaca de 15x15, difieren bastante ya que muestra unos coeficientes de variación altos en todas las comparaciones existentes entre réplicas.

-En el ASUF entre Tuéjar derecha y Chelva se ve que difieren mucho unos de otros, llegando a ser una diferencia de 14.855 pies/ha, lo que supone que Chelva se regenera tan solo un 17% respecto de lo que lo hace Tuejar.

-El ASUD, difiere bastante también entre las dos réplicas. Esta diferencia es de 14.924 pies/ha, aproximadamente se regenera un 44%.

En la Tabla 8 se observan los coeficientes de variación en las parcelas de los diferentes tratamientos, estos valores no representan cifras significativas por el número tan pequeño de parcelas comparadas. La variabilidad es alta y la respuesta tiene un valor razonable precisamente para la parcela control en la que no se produce prácticamente regeneración o se mantiene a lo largo del tiempo.

Tabla 8. Resultado de los coeficientes de variación (%) de la regeneración del pinar en nº de pies/hectárea según tratamiento y superficie de Tuéjar y Chelva (Valencia).

Tuéjar	ASUD	ASUF	B45	B30	B15	C
promedio	6012	8948	1132	6012	3050	1179
desv.	10478	6592	1133	10360	4661	578
coef.variación (%)	174	74	100	172	153	49
Chelva	ASUD	ASUF	B45	B30	B15	C
promedio	13475	1521	1450	236	6631	472
desv.	19254	2122	1309	578	9084	578
coef.variación (%)	143	140	90	245	137	122

4.2. Densidades por tratamientos selvícolas

En cuanto al tipo de tratamiento que se aplica y la intensidad en la que se realiza, son factores influyentes en el regenerado. El grado de insolación que reciben las parcelas en los primeros años de vida depende de la intensidad con la que se actúa sobre la masa y por tanto de la estructura de la masa que queda en el monte.

A continuación, se muestra una comparativa de las parcelas experimentales en forma de gráficos que representan la regeneración media según los tratamientos realizados para las dos épocas distintas. El primer gráfico (Figura 12), corresponde al año 2008 (Lamar, 2008) cuando se llevó a cabo un estudio similar al actual, en el cual se compararon tres replicas. El segundo gráfico (Figura 13), es el

correspondiente a los datos actuales del regenerado, cuya información procede de la toma de datos en el trabajo de campo realizado en los meses de junio y julio de 2016, sobre dos de las tres replicas anteriores.

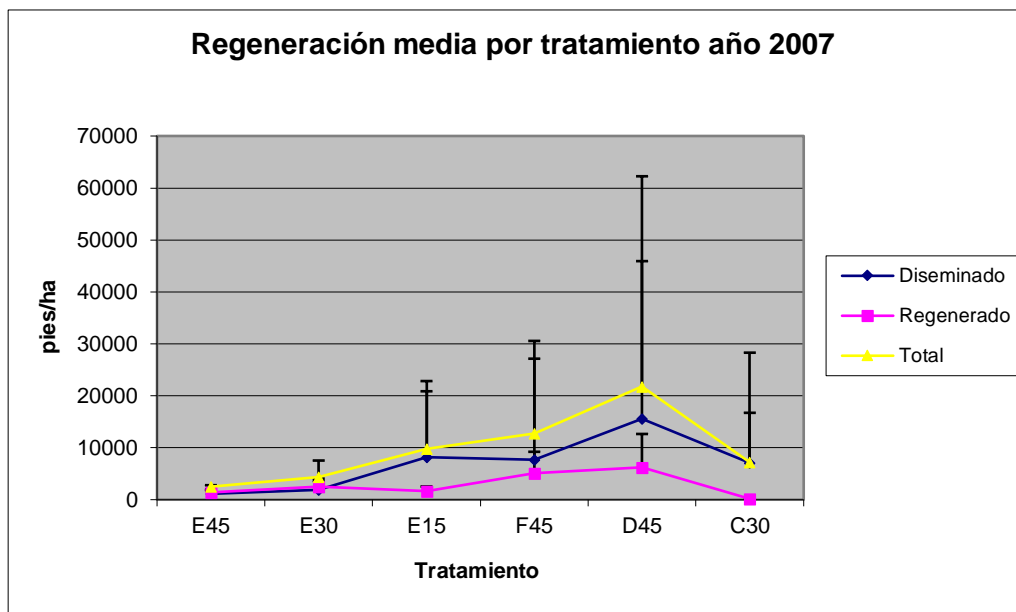


Figura 12. Regeneración media total, del diseminado y del regenerado, por tratamiento (Lamar, 2008).

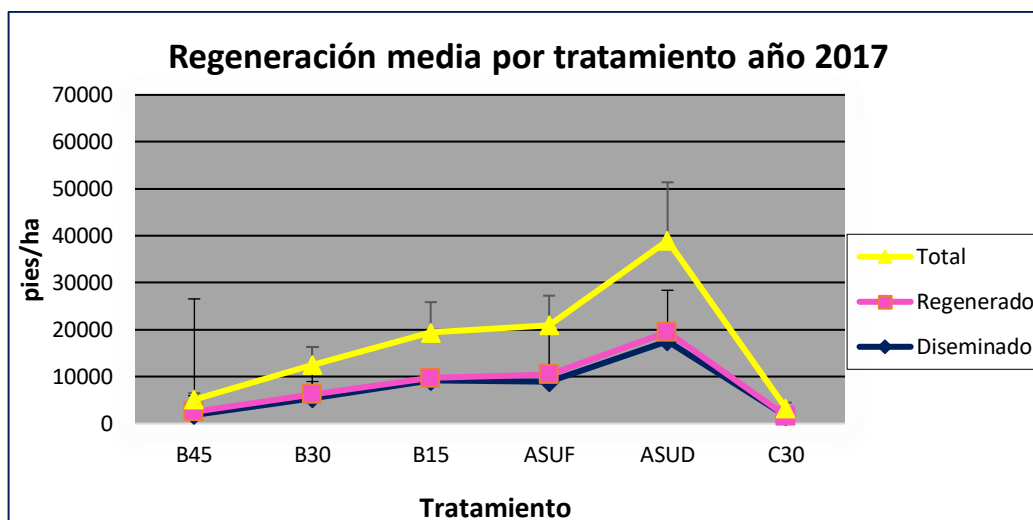


Figura 13. Regeneración media total, del diseminado y del regenerado, por tratamiento del estudio para las réplicas de Tuejar derecha y Chelva.

Se observa, que la estructura de la tendencia entre los diferentes tratamientos es muy similar en ambos gráficos, pero existe una diferencia o cambio en la escala vertical al ir incorporándose mayor regenerado y mayor diseminado. La tendencia es ascendente desde la entresaca de 45 (donde se producen los mayores soleamientos de la superficie) hasta el ASU débil (menor soleamiento) y donde alcanza el máximo relativo, mientras que las parcelas control tienen valores muy bajos (mínimo soleamiento por cubiertas prácticamente completas). Respecto de la persistencia del regenerado en el inventario de este caso, se aprecia diferencias significativas en las

densidades del presente estudio a lo largo de todos los tratamientos. Esto es debido a que el regenerado llega a alcanzar los valores del diseminado e incluso lo supera ligeramente en el ASU fuerte y ASU débil. En una primera aproximación, la respuesta de la regeneración se podría asociar a que una mayor insolación podría estimular un sotobosque de mayor presencia de heliófilas y de mayor competencia para la regeneración.

Sin embargo, ya se comentó con anterioridad que existe una gran dispersión en los datos de las densidades de las distintas parcelas, es por ello que las desviaciones típicas que se observan en el gráfico son elevadas. En los tratamientos de entresaca de 45x45 m, entresaca de 30x30 m y de 15x15 m son en los que se presenta menores desviaciones porque las densidades siguen una pauta lógica, es decir, sin cambios bruscos entre regenerado y diseminado. Por otro lado, el aclareo sucesivo uniforme, más concretamente el de intensidad débil, presenta densidades y desviaciones muy elevadas debido a la gran dispersión de los valores entre las parcelas de las diferentes réplicas.

Se observa en el trabajo de campo y una vez plasmado en el inventario que resulta favorable para la germinación del pino carrasco la presencia de otras especies acompañantes, ya que la gran mayoría de diseminados progresan bajo los pies de encinas y coscoja. Sin embargo, cuando las coberturas de estas especies y la de otras del estrato subarbustivo son excesivas, la persistencia y el crecimiento del pino carrasco se ve disminuido llegando a ser casi nulo. La explicación natural de este resultado deriva en la diferencia de la competencia que la vegetación subarbustiva colonizadora ejerce sobre las plántulas en función de su calidad y grado de cobertura, siendo así limitante en la cantidad de luz recibida, agua y nutrientes, en función de las condiciones climáticas de cada año, y por las que se puede impedir la posibilidad de desarrollo del regenerado.

Es de gran ayuda, saber el porcentaje de cada tipo de regeneración del pinar según el tratamiento. En la Figura 14, se expresan las diferentes situaciones y resultados de esta regeneración.

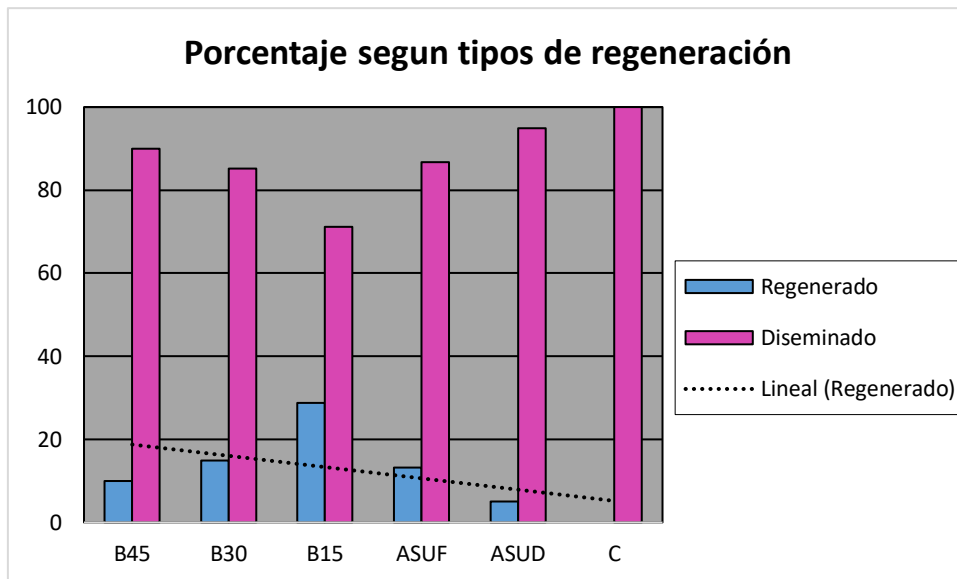


Figura 14. Gráfico de los porcentajes de regenerado y diseminado respecto de la regeneración total, según el tratamiento establecido y para las réplicas de Tuéjar derecha y Chelva, a los veinte años de la intervención.

Se observa en el gráfico, que en la parcela control el regenerado es nulo debido a la ausencia de tratamiento, pero el resto de las parcelas tienen representación de ambos grupos, tanto diseminados como regenerados. En cuanto a los diseminados, son valores bastante altos en general, y podemos distinguir dos grupos: uno está formado por el ASUD, ASUF, B45 y B30 ya que supone un valor entorno al 80-95 %, y el otro grupo está formado por la entresaca de 15x15 m con un valor de entorno al 71 %.

Si se analizan los datos de los regenerados, se observa la tendencia lineal de carácter descendente pero muy débil, y habiendo un pico de regenerado en la entresaca 15x15 m.

A continuación, está el gráfico del porcentaje de regenerado realizado hace diez años (Figura 15) en el que se observa que hay una clara diferenciación puesto que actualmente los valores de regenerados son más bajos en la mayoría de los tratamientos, a diferencia de la entresaca por bosque de 15x15.

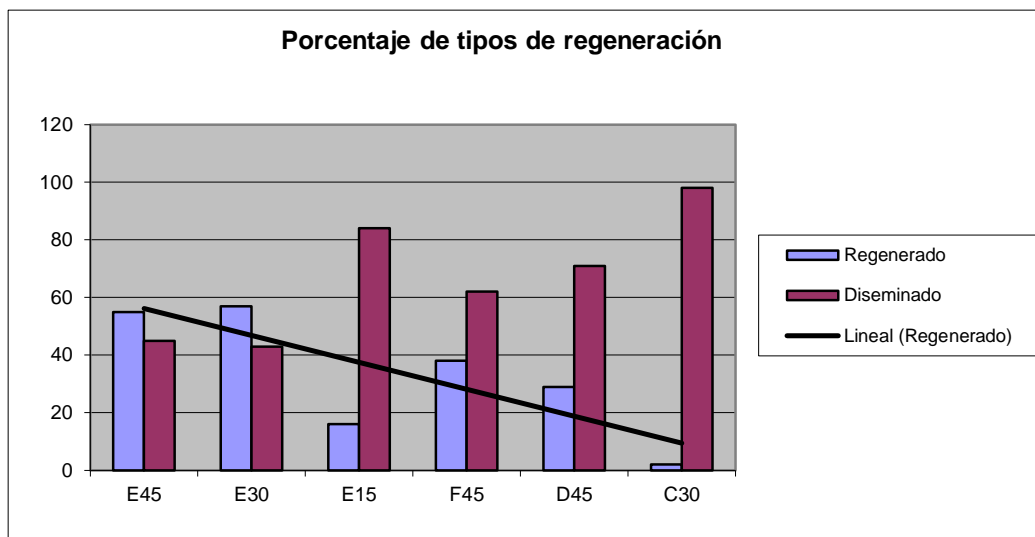


Figura 15. Gráfico de los porcentajes de regenerado y diseminado según el tratamiento establecido para el conjunto de las tres réplicas en el primer estudio del seguimiento, a los diez años de la intervención (Lamar, 2008).

En la Figura 16, se observa la densidad media de diseminado y regenerado de cada uno de los tratamientos que se han llevado a cabo en las réplicas. Las tasas totales de regeneración oscilan entre los valores de 19.487 pies/ha en el tratamiento de *aclareo sucesivo uniforme débil* (ASUD) y los 1650 pies/ha del tratamiento *control* (C).

La distribución de los dos estados de regeneración, es decir, diseminado y regenerado, fueron similares en todas las parcelas, pero con un valor más elevado en los diseminados frente a los regenerados que muestra la existencia de una baja supervivencia de los pies anuales o de menores de 15 centímetros, al observar la diferencia de recuento entre diseminado y regenerado. Hay que insistir que el diseminado tiene el carácter de perdurar un año o transformarse en regenerado en los sucesivos años, por lo que son pocos los que sobreviven en estas condiciones.

En el estudio, se observa que existe diseminado en todos los tratamientos realizados, siguiendo la siguiente secuencia: ASUD > ASUF > B15 > B30 > B45 > C, teniendo una variabilidad elevado en general (CV entre 65-220%) correspondiendo la menor variación al tratamiento Control. El análisis de la varianza indica que ninguno de los factores que se ha considerado (tratamiento, zona y posición de la parcela) tuvo un efecto significativo sobre el diseminado. En cuanto al regenerado, no se obtuvo datos que constataran la regeneración de pinos en el Control, siendo así un indicio claro de una nula supervivencia del diseminado en estas condiciones de competencia. Las densidades en el resto de los tratamientos del regenerado, oscilaron entre los 1946 pies/ha que se dieron en el *aclareo sucesivo uniforme débil* (ASUD) frente a los 486 pies/ha del B15. La variabilidad también fue elevada (CV entre 130-173%) y no se encontró ningún efecto significativo en los factores evaluados, anteriormente citados.

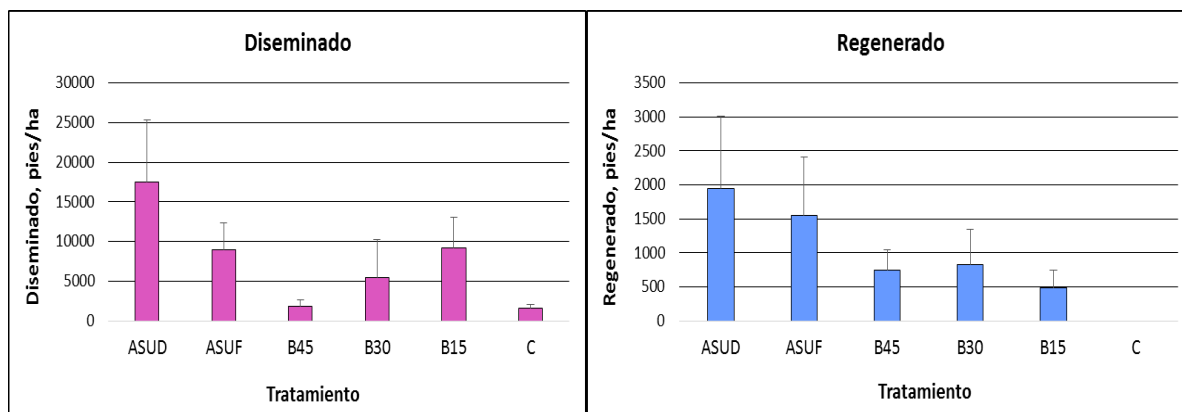


Figura 16. Gráficos del número medio de pies por hectárea de diseminados y regenerados por tratamientos. Las barras representan el error estándar, siendo $n=10$ en las parcelas de 45×45 m, $n=6$ en las parcelas de 30×30 m y $n=4$ en las de 15×15 m.

La estructura de la cobertura arbustiva y subarbustiva de las parcelas, se muestra en la tabla 9 donde se observa el porcentaje absoluto medio de cada tipo de cobertura teniendo como base el tratamiento realizado. El estrato arbustivo predomina prácticamente en todos los casos con unos porcentajes que oscilan entre el 49% y 71%, existiendo así un efecto significativo debido al tipo de tratamiento en este tipo de cobertura (ver Tabla 9) pero sin influir ni la posición de la parcela ni la zona. La parcela Control, zona no intervenida, tiene una densa cubierta de pinar adulto, por ello es que presentó un porcentaje menor de superficie cubierta por el estrato arbustivo en comparación con las otras parcelas tratadas (Figura 17).

Tabla 9. Valores medios del porcentaje absoluto de cobertura vegetal en cada uno de los tratamientos según tipos de estratos de cubierta (la cubierta arbórea se refiere a la presencia de troncos o individuos arbóreos, pero no para la cubierta del dosel arbóreo en el caso de los ASU y de la parcela Control).

Cobertura (%)	ASUD	ASUF	B45	B30	B15	C
Arbórea	2.1	4.8	4.5	17.1	6.2	9.2
Arbustiva	69.1	61.8	67.8	70.8	70.9	48.5
Herbácea	6.5	6.6	4.4	1.4	2.6	2.2
Suelo descubierto	23.7	26.8	23.3	10.8	20.3	40.1

El porcentaje correspondiente al suelo descubierto oscila entre el 11% y el 40%, existiendo de este modo un efecto significativo del tratamiento, como en el anterior caso, que indica un comportamiento diferente entre las parcelas no tratadas y el control (Figura 17), es por ello que corresponde al control el porcentaje más alto de suelo desnudo o descubierto por regeneración o vegetación arbustiva. La superficie que se encuentra cubierta por las herbáceas es pequeña en general, es decir, en todos los casos y por ello no existe efecto significativo sobre ella ni de la posición ni del tratamiento. En cuanto al porcentaje de la superficie cubierta por pinos no adultos (se trata de la cubierta arbórea) y las encinas, también es pequeña y no se ve

influenciada por ninguno de los tres factores que se analizaron. Los datos, sin embargo, apuntan a que el tratamiento B30 puede favorecer la presencia y el desarrollo de las encinas que permanecían en estado latente bajo la cubierta del pinar cuando se realizó la intervención en 1998, siendo pues uno de los objetivos en aquel estudio.

Tabla 10. Efectos significativos de la zona, tratamiento y la posición sobre el porcentaje relativo de cobertura de las especies más representativas y de los tipos de cobertura del suelo (ns= no significativo; *= significativo con 95% nivel de confianza; Qc= Quercus coccifera; Up= Ulex parviflorus; Br= Brachypodium retusum; Ro= Rosmarinus officinalis; Jo= Juniperus oxycedrus; Jp= Juniperus phoenicea; Qi= Quercus ilex).

Efecto	Qc	Up	Br	Ro	Jo	Jp	Qi	Arbustivo	Herbáceo	Descubierto
Zona	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
Tratamiento	*	ns	ns	ns	*	ns	*	*	ns	*
Posición	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

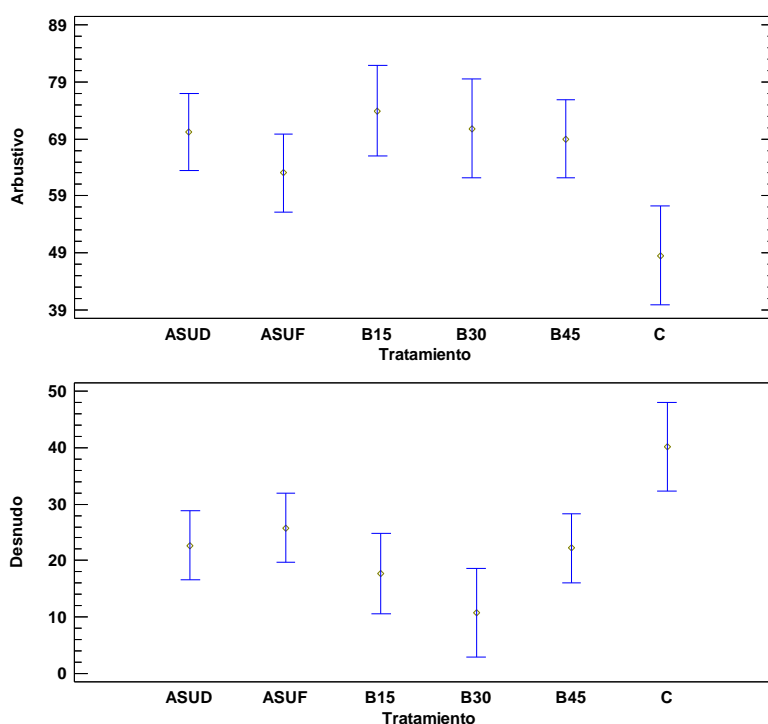


Figura 17. Valores medios de porcentaje relativo de superficie ocupada por el estrato arbustivo y por el suelo desnudo en cada uno de los tratamientos (las barras representan los intervalos de Fisher LSD con intervalo de confianza al 95%).

Referente a la figura 18, se muestra el porcentaje relativo que se ve ocupado por las principales especies encontradas, tanto arbustivas y subarbustivas, en las parcelas. *Quercus coccifera* (coscoja) es la especie dominante en la gran mayoría de ellas, por lo que tiene un efecto significativo de la zona, con mayor presencia en las parcelas de Tuéjar que en las de Chelva, y también supone un efecto significativo para el tratamiento, siendo mayor en los tratamientos de ASUD, ASUF y en los bosquetes B15 y B30 a comparación de los bosquetes B45 y el Control, siendo estos dos últimos

donde se encuentra una menor presencia de esta especie. Hay otras especies cuya presencia se ve influenciada por el tratamiento, éstas son *Juniperus oxicedrus* y *Quercus ilex rotundifolia* (Tabla 10). En el primer caso, el porcentaje más elevado de superficie ocupado por dicha especie corresponde al control y al bosqueque B15, el de menor tamaño, dando lugar a diferencias significativas respecto al resto de tratamientos. Por otro lado, el porcentaje relativo de superficie ocupada por la encina, es mayor en el B30 que en el resto de los tratamientos.

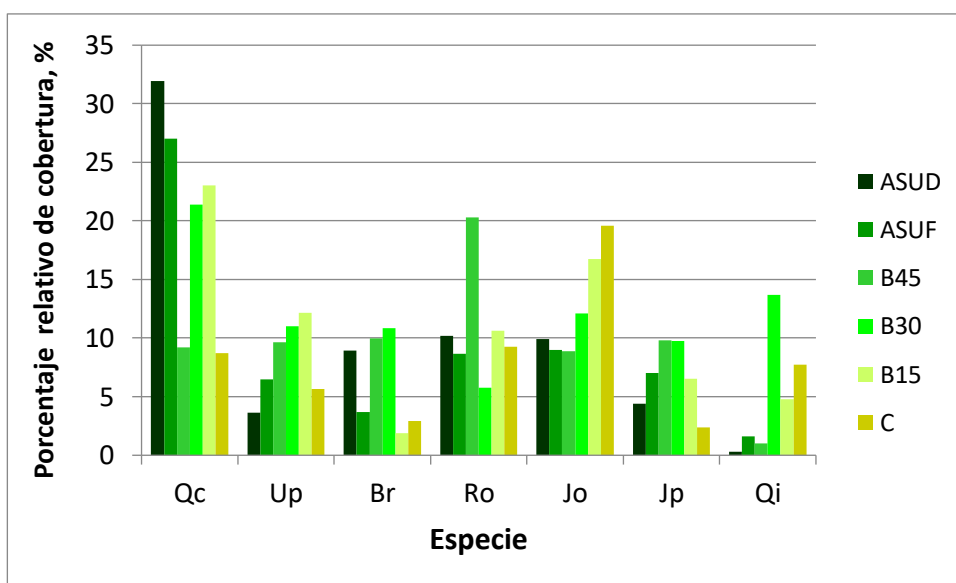


Figura 18. Porcentaje relativo de cobertura de las principales especies arbustivas y herbáceas presentes en cada uno de los tratamientos ((Qc= *Quercus coccifera*; Up= *Ulex parviflorus*; Br= *Brachypodium retusum*; Ro= *Rosmarinus officinalis*; Jo= *Juniperus oxicedrus*).

Se analizaron también los diámetros tanto basales como normalizados y las alturas correspondientes a los individuos de pino carrasco.

Se observa en la Figura 19 que existe un amplio número de individuos mayores de 2 metros de altura en casi todos los tratamientos. En la réplica de Tuéjar derecha, en el tratamiento de Aclareo Sucesivo Uniforme fuerte, existe una gran cantidad de números de individuos que pertenecen al regenerado. Sin embargo en la parcela control no existe ningún tipo de individuo. En cuanto a la altura media de dichos individuos (Figura 20), siguen más o menos un mismo patrón para todos los tratamientos realizados, siendo como se ha comentado anteriormente, una gran mayoría de pino carrasco mayores de 2 metros de altura.

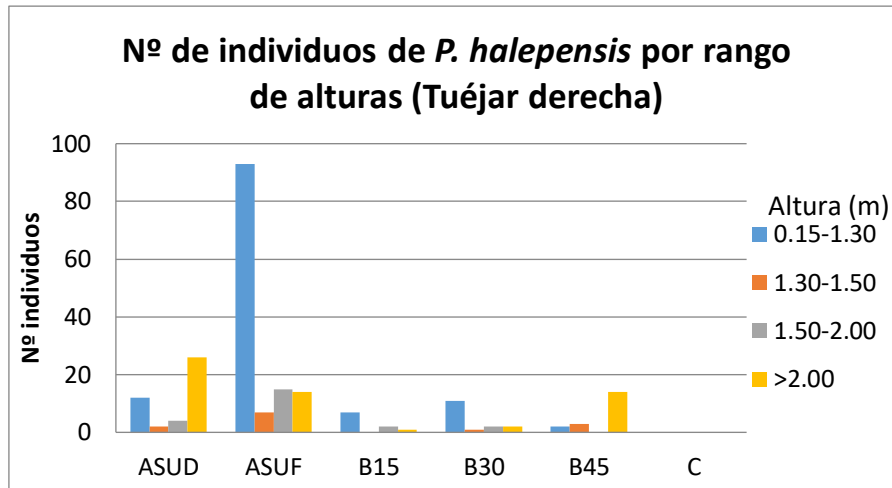


Figura 19. Número de individuos de *P. halepensis* por rango de alturas en Tuéjar derecha.

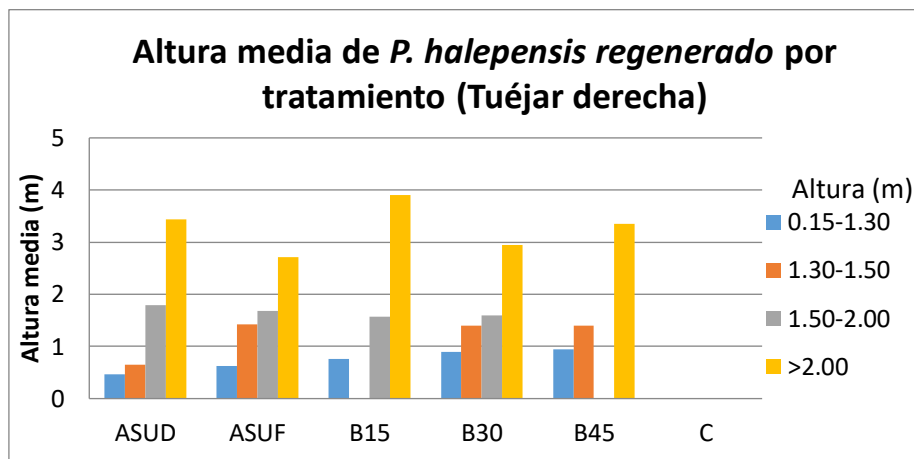


Figura 20. Altura media del *P. halepensis* regenerado por tratamiento en Tuéjar derecha.

Para la réplica de Chelva, en el tratamiento de B45x45, se encuentra el mayor número de individuos en comparación al resto de tratamientos, siendo estos del regenerado. (Figura21). En el ASUD sólo hay presencia de pinos menos de 1.30 metros de altura. En cuanto a la altura media de estos tratamientos, difiere al de Tuéjar derecha siendo el tratamiento de B30x30 el que destaca con los individuos cuya altura media es de > 2 metros. Vuelve a ser la parcela Control y la de ASUD las que menos valores tienen.

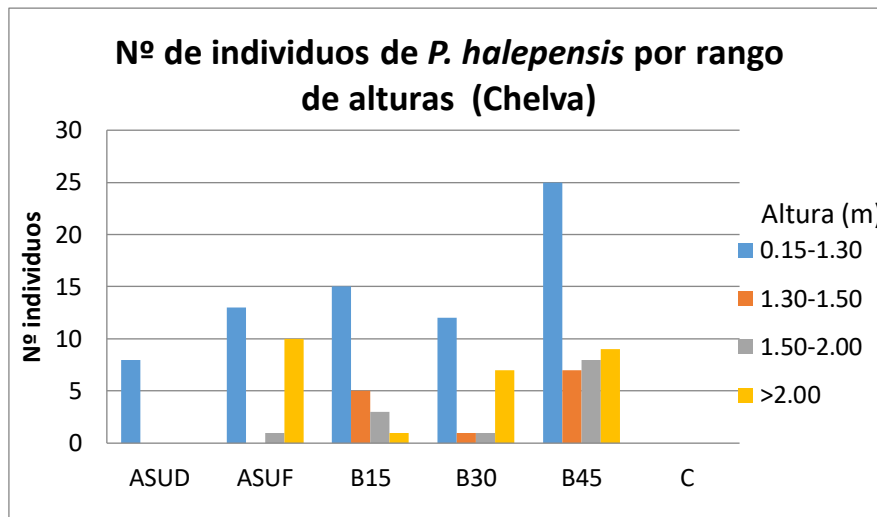


Figura 21. Número de individuos de *P. halepensis* por rango de alturas en Chelva.

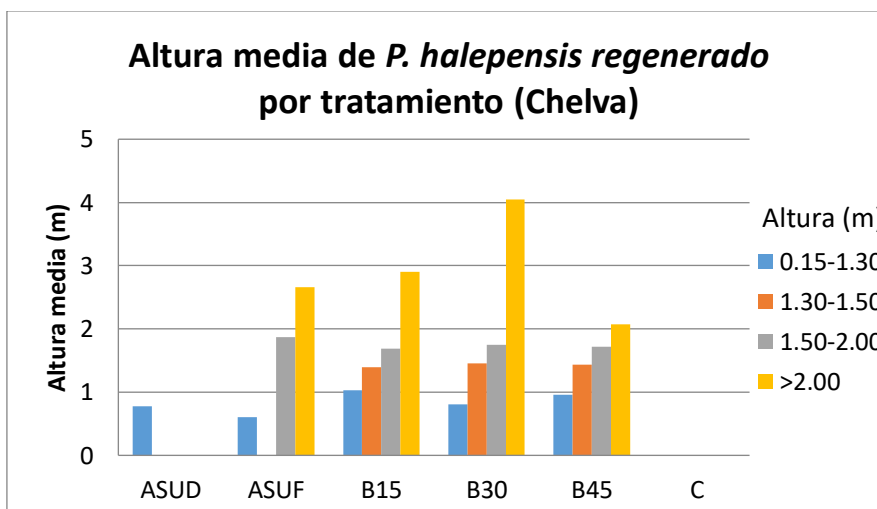


Figura 22. Altura media del *P. halepensis* regenerado por rango de alturas en Chelva.

A continuación, pasamos a analizar los datos del diámetro basal y diámetro normalizado de cada uno de los individuos. En la Figura 23, se observa el número de *P. halepensis* por rango de alturas en cuanto al recuento del diámetro se refiere. El tratamiento de ASUD para la parcela de Tuéjar derecha refleja que existe presencia de individuos, siendo un gran número de ellos los mayores de 2 metros mientras que en las de Chelva, en este mismo tratamiento no se contabilizó ningún individuo.

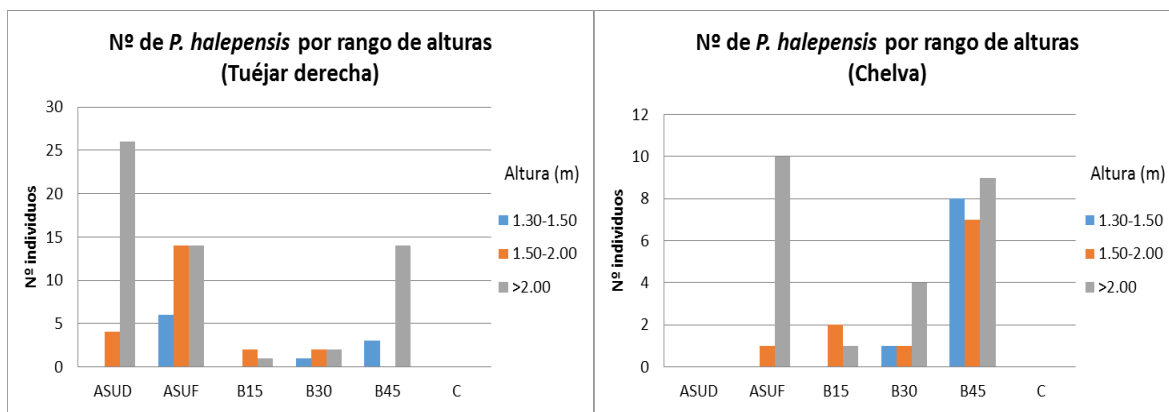


Figura 23. Comparación del número de individuos de *P. halepensis* por rango de alturas de Tuéjar derecha y Chelva.

Por otro lado, están los diámetros basales (medidos a 20 cm del suelo) y los diámetros normales medidos a la altura de 1.30 metros. Los podemos observar en las Figuras 24 y 25. En la parcela de Chelva el ASUD nuevamente pierde significación ya que tiene valores nulos junto a la parcela control, sin embargo en el B30 destaca en comparación con los de Tuéjar.

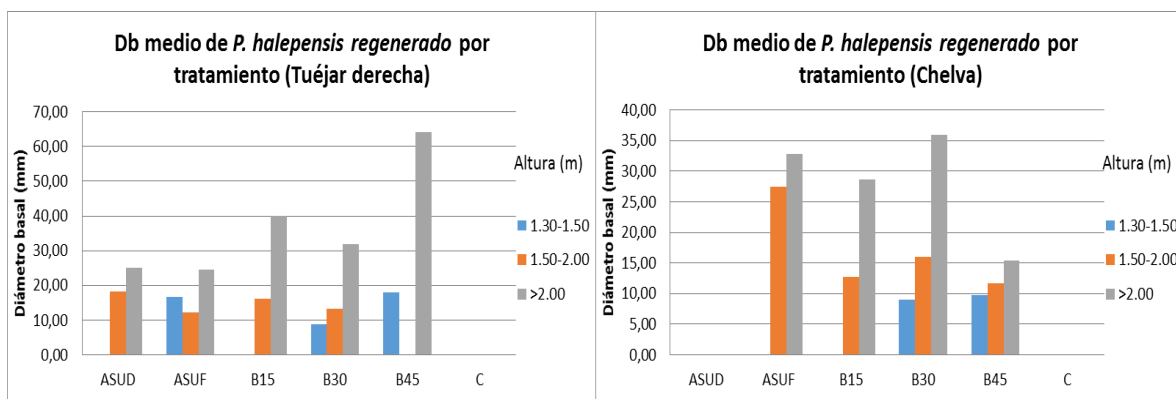


Figura 24. Diámetro basal (Db) de *P. halepensis* regenerado por tratamiento de Tuéjar derecha y Chelva.

Por último se hizo las mediciones del diámetro normal de los individuos de pino carrasco en las parcelas. Se observa que siguen un patrón similar ambas réplicas viéndose favorecidos en la parcela de Tuéjar derecha los individuos entre 1.30 -1.50 metros de altura (Figura 25).

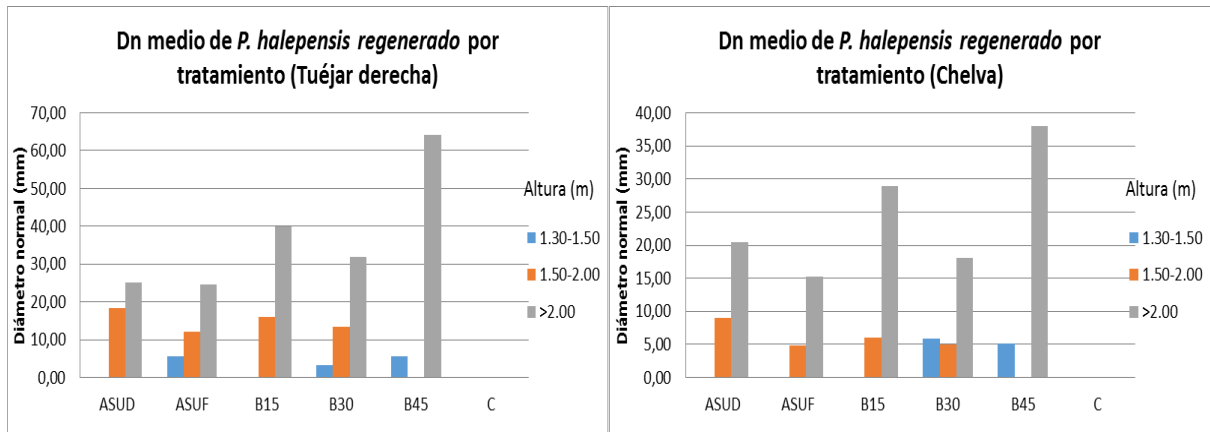


Figura 25. Diámetro medio del *P.halepensis* regenerado por tratamiento en Tuéjar derecha y Chelva.

5. CONCLUSIONES

El *Pinus halepensis* Mill. ha sabido adaptarse perfectamente al medio mediterráneo, su gran amplitud genética está relacionada con su plasticidad ecológica. Esta especie tiene ciertas limitaciones edáficas y climáticas que pueden limitar o condicionar el crecimiento de la masa y la evolución del propio regenerado, pero después de varios estudios realizados para analizar dichos comportamientos se comprueba que no son valores finalmente limitantes a la hora de hablar de causa-efecto en las masas de los montes de Tuéjar y Chelva.

Un factor determinante de la densidad del regenerado, es el tipo de tratamiento que se ha llevado a cabo. Como se ha explicado a lo largo del trabajo, se practicaron tres tipos de tratamientos distintos con diferentes modificaciones en dos de ellos, es decir, las modificaciones fueron la superficie de aplicación y la intensidad. Estas modificaciones tienen una relación directa con la iluminación que la parcela recibe y con el porcentaje de vegetación heliófila presente en las parcelas que tendrán una influencia directa en el regenerado.

El promedio de regenerado del pino carrasco es aproximadamente de unos 1111 pies/ha en la zona tratada. En comparación con los resultados de regeneración de los datos obtenidos en anteriores trabajos y evaluaciones (Escrig *et al.*, 2005; Lamar, 2008) se observa que la secuencia en el regenerado según tratamiento se mantiene, incrementándose así la regeneración total y el diseminado a medida de que sea menos intenso el tratamiento (ASUD).

Existe una diferencia en la actualidad frente a los estudios anteriores, y esta es que no se ha constatado presencia de regenerado en las parcelas control, por lo que se puede pensar que sería necesaria una actuación en esta masa que asegurase así la conservación. Los datos disponibles hasta la fecha indican que el tratamiento de cortas por entresaca por bosquetes de 30x30 m (B30) es el que favorece el desarrollo en mayor medida de las encinas que estaban presentes en la zona antes de la intervención.

Por otro lado, referente a la estructura y la distribución del matorral, los tratamientos realizados han favorecido el desarrollo de ciertas especies perjudicando a otras, esto puede estar asociado a cambios ocurridos en el microclima de la propia parcela, es decir, la temperatura y la humedad del suelo más concretamente (Lado, 2016), aunque hay que tener en cuenta también la importancia de las características edáficas en el desarrollo de este tipo de vegetación. Como hemos visto a lo largo del trabajo, la mayor presencia de *Quercus coccifera* se encuentra en Tuéjar y sin embargo en Chelva las especies más favorecidas son el *Ulex parviflorus* y el *Brachypodium retusum*.

En cuanto al género *Juniperus*, fue el que más daños sufrió en las cortas y cinco años después no se había recuperado por lo que era notable una disminución en la cobertura absoluta y relativa respecto al estado inicial (Escrig *et al.*, 2005). Actualmente, se observa que la especie *Juniperus oxicedrus* se recupera y parece

estar ligada a la presencia de sombra en la parcela, esto es debido a que el porcentaje relativo de la superficie ocupada por dicha especie corresponde al control y al bosque 15x15 m. Además, el porcentaje de vegetación heliófila presente, influye en la cantidad total de la regeneración del pino carrasco, se asocia también un mayor regenerado del pino a la presencia de especies como *Quercus coccifera*, *Rosmarinus officinalis* y *Juniperus phoenicea*.

Por ello, se concluye que a pesar de la variabilidad tan amplia encontrada en el número de pies regenerados y diseminados, el tratamiento silvícola utilizado parece condicionar la regeneración del pino carrasco, siendo los más exitosos los tratamientos de aclareo sucesivo uniforme.

La regeneración en las parcelas control, es decir no tratadas, ha ido disminuyendo con el paso del tiempo, actualmente constata una presencia de diseminado bajo y para el regenerado es nula. En las parcelas de tratamiento de corta de toda la cubierta arbórea, es decir, entresaca por bosquetes del tamaño 30x30 m, se ve favorecido el desarrollo de las encinas latentes presentes antes de la intervención. Los tratamientos están ligados a la estructura y la distribución del matorral, dominando la presencia de *Quercus coccifera* en la mayoría de los tratamientos, mientras que por el contrario, en las parcelas control predomina la superficie de suelo sin vegetación.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrio, M.B., Dorado, F.C., Diéguez-Aranda, U., Álvarez González, J.G., Parresol, B.R., Soalleiro, R.R. (2006). Development of a basal area growth system for maritime pine in northwestern Spain using the generalized algebraic difference approach. *Canadian Journal of Forest Research*, 36(6), 1461-1474.
- Boudru, M. (1989). *Forests and silviculture: treatment of forests*. Les Presses Agronomiques de Gembloux, ASBL.
- Cámara, A. (2001). *Temperamento, aptitud y aplicaciones del pino carrasco (Pinus halepensis Mill.) en España. Análisis mediante un S.I.G.* Tesis doctoral. ETSI Montes (UPM). Madrid. Editorial INIA.
- Del Cerro, A., Navarro, R., López, F.R., Andrés, M., García, F., Lucas-Borja, M.E. (2005). La regeneración de los montes de *Pinus nigra* Arn. en la serranía de Cuenca: un problema para la ordenación sostenible. *Actas 4º, Congreso Forestal Español*, 26–30 de septiembre de 2005, Zaragoza, España. p. 316.
- Erviti, J.J. (1991). *Desarrollo de modelos de crecimiento y producción de las masas forestales de "Pinus halepensis Mill." en España.* Tesis Doctoral. Departamento de Silvopascicultura. ETSIM. Madrid.
- Escrig, A. (2005a). *Evolución de la estructura y diversidad de la vegetación en tratamientos experimentales selvícolas sobre el pinar de carrasco (Pinus halepensis Mill.) en los montes de Tuéjar y Chelva (Valencia).* Trabajo Final de Carrera, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia.
- Escrig A., Pérez R., Estruch V., Galiana F. (2005b). *Evolución de la estructura y diversidad de la vegetación en un tratamiento selvícola experimental sobre pinar de carrasco en Tuéjar y Chelva (Valencia).* *Actas del IV Congreso Forestal Español*. T1 p. 246. Documento electrónico 4CFE05-239.
- Galiana, F., Pérez, R., Reyna, S., Sancho, J., Prats, G., González, E. (2001). *Efectos sobre la diversidad y estructura de la vegetación de tratamientos selvícolas por cortas finales en pinares de Pinus halepensis.* En: Junta de Andalucía. Conserjería de Medio Ambiente (Ed.), *Actas del III Congreso Nacional Forestal*. Granada-2001, V: 139-147. Consejería de Medio Ambiente. Granada.
- Gómez Manzaneque, F. (2005). *Los pinares de Pinus nigra de los Pirineos.* En: Grande y García Abril (eds.). *Los pinares de Pinus nigra Arn. en España: ecología, uso y gestión.* Editorial. País. pp. 665-670.
- González-Martínez, S.C., Bravo, F. (1997). *Inventario y descripción de la regeneración natural. Aplicación a grupos ordenados de pino silvestre (Pinus sylvestris L.).* *Montes*, 50, 21-28.

González-Martínez, S.C., Bravo, F. (2001). Density and population structure of the natural regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the High Ebro Basin (Northern Spain). *Annals of Forest Science*, 58(3), 277-288.

González, N., González E., Galiana, F. (2005). Variación del crecimiento diametral de la masa de pinar de carrasco en cortas finales experimentales, en los montes de Tuéjar y Chelva (Valencia). *Actas del IV Congreso Forestal Español*. T1 pg. 259. Documento electrónico 4CFE05-265.

Herranz, J.M. (2000). Aspectos botánicos y ecológicos del pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.). *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (10): 13-17.

Lado L. (2010). Efecto de tratamientos selvícolas sobre la temperatura y la humedad del suelo en parcelas de pino carrasco. Tesina de Master. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Valencia.

Lamar, H. (2008). Estudio de la evolución del regenerado de *Pinus halepensis* Mill. En parcelas experimentales de los montes de Tuéjar y Chelva (Valencia). Trabajo Final de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia.

MAPAMA. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (2015). Perfil Ambiental de España 2015. Informe basado en indicadores. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Madrigal, A. (1994). Ordenación de montes arbolados. Colección Técnica. ICONA. M.A.P.A. Madrid.

Pérez, A.J. (1994). Atlas climático de la Comunidad Valenciana 1961-1990. Generalitat Valenciana. Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports. Valencia.

Ruiz de la Torre, J. (2001). Árboles y Arbustos de la España Peninsular. Fundación Conde del Valle de Salazar and Mundi-Prensa, Madrid (2001)

Vega, J.A., Hernando, C., Madrigal, J., Pérez-Gorostiaga, P., Guijarro, M., Fonturbel, T., Cuiñas, P., Martínez, E., Fernández, C. (2005). Regeneración de *Pinus pinaster* Ait. tras incendios forestales y medidas selvícolas para favorecerla. *Actas: IV Congreso Forestal Español*, Zaragoza, 25-28 de septiembre de 2005. Mesa temática 6.