



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Regeneración natural post-incendio del
Pinus pinaster Ait. en el término municipal
de La Zoma, Teruel

Post-fire natural regeneration of *Pinus pinaster* Ait. in
the municipality of La Zoma, Teruel

Autor

David Aguilar Cava

Director/es

José Manuel Nicolau Ibarra

Ramón Juan Reiné Viñales

Grado en Ciencias Ambientales

Escuela Politécnica Superior de Huesca

2017

Agradecimientos

Estas líneas van dedicadas a todas aquellas personas que en mayor o menor medida han contribuido, directa o indirectamente, a la realización del presente Trabajo Fin de Grado.

Me gustaría dar las gracias a mi familia, en especial a mis padres Pablo y Lourdes, y a mi hermana Sandra, por su dedicación y constante apoyo.

A mis directores, José Manuel Nicolau Ibarra y Ramón Juan Reiné Viñales, por su esfuerzo y dedicación.

A Víctor Pina, por su imprescindible ayuda durante la realización del muestreo de campo.

A Jara y Alejandro por su apoyo.

A todos los profesores y compañeros que me han acompañado a lo largo del Grado en Ciencias Ambientales.

Gracias.

Resumen

El 22 de julio de 2009 el incendio de Aliaga-Ejulve afectó a 7.301 ha de las comarcas turolenses de Cuencas Mineras, Andorra-Sierra de Arcos y Maestrazgo, siendo el término municipal de La Zoma el más afectado, pues se calcinó más del 70% de su territorio. El presente estudio se centra en evaluar la regeneración natural post-incendio del *Pinus pinaster* en el monte de utilidad pública nº84 de Teruel ubicado en el término municipal de la Zoma. Para evaluar la regeneración, se delimitó un área de 35 ha donde existe regeneración de *P. pinaster* y se muestrearon 30 parcelas de 5x5 m tomando datos referidos a los individuos, a la vegetación y al medio abiótico. Tras el tratamiento estadístico, los resultados muestran una densidad de individuos regenerados de *P. pinaster* de 2853 pinos/ha distribuidos de forma agregada. La altura media de los individuos regenerados es de 95,4 cm, su diámetro basal medio de 24,4 mm y su edad media de 4,7 años. El 63,7% de la superficie del área de estudio está ocupada por matorrales, siendo el de jaras el más abundante, pues supone un 83% del matorral. Se ha determinado que la abundancia y altura de las especies arbustivas, en especial las jaras, limitan el desarrollo del *P. pinaster*.

Palabras clave

Competencia – Jara – Plantas pirófitas – Banco de semillas – Sucesión secundaria

Abstract

On July 22, 2009, the Aliaga-Ejolve fire affected 7,301 ha of the Teruel districts of Cuencas Mineras, Andorra-Sierra de Arcos and Maestrazgo, with the municipality of La Zoma being the most affected, as it burned more than 70% of its territory. The present study focuses on evaluating the natural post-fire regeneration of the *Pinus pinaster* in the public utility mount nº84 of Teruel located in the municipality of Zoma. To evaluate the regeneration, an area of 35 ha was defined where there is regeneration of *P. pinaster* and 30 plots of 5x5m were sampled taking data referring to individuals, vegetation and the abiotic environment. After the statistical treatment, the results show a density of regenerated individuals of *P. pinaster* of 2853 pine/ha distributed in an aggregate form. The mean height of the regenerated individuals was 95,4 cm, their mean basal diameter was 24,4 mm and their mean age was 4,7 years. 63.7% of the area of the study area is occupied by scrubland, with jars being the most abundant, accounting for 83% of the scrubland. It has been determined that the abundance and height of shrub species, especially the jaras, limit the development of *P. pinaster*.

Keywords

Competition - Jara - Pyrophytes plants - Seed bank - Secondary succession

Contenido

1. Introducción	9
1.1. Los incendios forestales en la cuenca mediterránea	9
1.2. El impacto ambiental de los incendios forestales.....	9
1.3. El caso de La Zoma	10
1.4. La regeneración natural en la recuperación de las zonas incendiadas. El caso del <i>P. pinaster</i>	12
1.5. Mecanismos que rigen la sucesión de las comunidades tras una perturbación	13
1.6. Objetivos	15
2. Material y métodos	16
2.1. Descripción del área de estudio.....	16
2.1.1. Localización.....	16
2.1.2. Geología y edafología.....	16
2.1.3. Climatología	17
2.1.4. Vegetación	18
2.1.5. Medio socioeconómico	19
2.2. Diseño muestral.....	20
2.2.1. Delimitación del área de estudio.....	20
2.2.2. Recopilación bibliográfica	20
2.2.3. Comparación de datos.....	21
2.2.4. Diseño muestral para el presente estudio.....	24
2.3. Ubicación de las parcelas.....	27
2.4. Muestreo	29
2.5. Tratamiento de los datos y análisis estadístico	29
3. Resultados.....	32
3.1. Densidad de pies regenerados	32
3.2. Caracterización de los individuos regenerados de <i>P. pinaster</i>	33
3.3. Relaciones entre factores bióticos y abióticos.....	41
4. Discusión.....	50
5. Conclusiones	57
6. Recomendaciones prácticas.....	58
7. Bibliografía.....	59

ANEXO I: Mapas	64
ANEXO II: Estadillo.....	67
ANEXO III: Herbario.....	68
ANEXO IV: Fotografías.....	73
ANEXO V: Correlaciones entre variables generales	75

Índice de tablas

Tabla 1. Bibliografía recopilada en la que se basó el diseño muestral junto con la localización y especie de pino de los trabajos.....	21
Tabla 2. m ² muestreados/ha en relación al tamaño (en ha) del estudio en los diferentes trabajos analizados.....	21
Tabla 3. Distribución de las parcelas de los estudios de la bibliografía recopilada.....	24
Tabla 4. Coordenadas (UTM 30N) de cada parcela.....	28
Tabla 5. Datos generales de coberturas y alturas medias por variables.....	33
Tabla 6. Datos medios y des. est. sobre los individuos regenerados de <i>P. pinaster</i>	33
Tabla 7. Altura y diámetro basal medio según la edad de los pinos regenerados.	36
Tabla 8. Prueba de coeficientes de correlación de Spearman. Individuos de pinos regenerados.	37
Tabla 9. Diferencias de las medias según la zona de la ladera para variables referidas a los individuos regenerados.	38
Tabla 10. Prueba U de Mann-Whitney para las variables referidas a <i>P. pinaster</i> según la zona de la ladera en la que se encuentran.	38
Tabla 11. Diferencia en la media según la orientación de la parcela para las variables referidas a los pinos regenerados.....	39
Tabla 12. Prueba U de Mann-Whitney para las variables referidas a <i>P. pinaster</i> entre las distintas orientaciones.	39
Tabla 13. Diferencias entre la media de las variables sobre individuos regenerados según si desarrollan piñas o no.....	40
Tabla 14. Prueba U de Mann-Whitney entre las variables referidas a <i>P. pinaster</i> según si desarrollan piñas o no.....	40
Tabla 15. Rho de Spearman. Resumen de correlaciones entre variables generales.....	41
Tabla 16. Criterios para interpretar los valores de la prueba de correlaciones.	42
Tabla 17. Diferencias entre la media de las variables generales según la zona de la ladera.	44
Tabla 18. Prueba U de Mann-Whitney para las variables de las parcelas según su zona de la ladera.....	46
Tabla 19. Diferencia de la media de las variables generales según la orientación de la parcela.....	47
Tabla 20. Prueba U de Mann-Whitney para las variables de las parcelas según la orientación de las mismas.....	49
Tabla 21. Estados de desarrollo de la regeneración establecidos para describir la regeneración natural de <i>P. pinaster</i> en función de la densidad media de plantas viables y la altura media por parcela (Rodríguez, Gratzner, y Bravo, 2011).....	51

Índice de figuras

Figura 1. Climograma de la estación meteorológica La Mezquitilla entre los años 1996 y 2013. (Contratas Ancar, 2013).....	17
Figura 2. Evolución de la población en el municipio de La Zoma. Fuente: IAEST 2017 ...	19
Figura 3. Diagrama de dispersión entre Hectáreas estudiadas y m ² /ha muestreados.	22
Figura 4. Proceso de ubicación de las parcelas dentro del área de estudio.	28
Figura 5. Frecuencia de clases de densidad de pinos/ha en las parcelas muestreadas...	32
Figura 6. Frecuencia de la altura de los pinos regenerados.	34
Figura 7. Frecuencia del diámetro basal de los pinos regenerados.....	34
Figura 8. Frecuencia de la edad de los pinos regenerados.....	35
Figura 9. Porcentaje de pinos regenerados según su edad y desarrollo/no desarrollo de piñas.....	35
Figura 10. Altura media, diámetro basal medio y relación altura/diámetro según la edad de los pinos regenerados.....	36

1. Introducción

1.1. Los incendios forestales en la cuenca mediterránea

Los incendios forestales se consideran uno de los principales problemas de los bosques mediterráneos. La sequía estival, el régimen de temperaturas y los vientos secos han condicionado fuegos periódicos y con ellos una vegetación adaptada en la cuenca mediterránea (Cerdá *et al.*, 2009). En las últimas décadas se ha incrementado la frecuencia y extensión de los incendios debido, principalmente, al cambio de usos del suelo, al cambio climático y al aumento de la población, siendo el primer factor probablemente el más importante. El paisaje mediterráneo es el resultado de muchos siglos de presión humana basados en la tala, quema y pastoreo de las zonas marginales, y en la tala, abanclado, cultivo y después, eventualmente, el abandono de zonas apropiadas para el cultivo (Pausas, 2004).

Durante el siglo XX hubo un claro cambio socioeconómico en los países de la Europa mediterránea que conllevó una disminución del sector agrícola y un aumento de los sectores dedicados a la industria, construcción y servicios. Este cambio implicó la despoblación de zonas rurales, la disminución del uso del monte, la disminución del pastoreo y el abandono de grandes superficies de cultivo, por lo que gran parte del paisaje de la Europa mediterránea esté compuesto de comunidades vegetales de tempranas etapas de sucesión, con una gran cantidad y continuidad de combustible. En estas condiciones, un pequeño incendio se puede extender fácilmente a miles de hectáreas de campos abandonados y bosques adyacentes, produciéndose así los grandes incendios catastróficos (Pausas, 2004).

1.2. El impacto ambiental de los incendios forestales

El desarrollo de la vegetación ha estado muy unido a los incendios, por lo que, a pesar de su papel destructor, el fuego constituye un factor ecológico fundamental en la dinámica de muchos ecosistemas terrestres (Cruz, 2009).

Existen dos grandes grupos de especies vegetales claramente diferenciadas por su respuesta al fuego: las especies rebrotadoras y las especies no rebrotadoras. Las rebrotadoras son aquellas que tienen la capacidad de rebrotar después de ser quemadas por completo, por lo que sus individuos persisten después del fuego, mientras que en las especies no rebrotadoras los individuos no persisten, aunque las poblaciones pueden

regenerarse si las semillas resisten (o están protegidas de) el calor del fuego (Pausas, 1999).

Pese a que muchas especies mediterráneas tengan mecanismos para persistir después de los incendios (capacidad de rebrote, banco de semillas resistente al fuego), si la recurrencia se hace muy elevada, algunas especies no se pueden regenerar adecuadamente, lo que puede significar una pérdida de biodiversidad, un incremento de procesos erosivos y, en general, una disminución de la calidad del paisaje (Pausas, 2004).

El fuego no sólo afecta al desarrollo de las plantas, pues aparte de eliminar temporalmente la parte aérea de la vegetación, altera la parte superficial de los suelos. Con ello condiciona los procesos erosivos e hidrológicos, influyendo en el ciclo del agua y en las formas terrestres. Estos cambios, a su vez, terminan por condicionar la evolución de los ecosistemas. Así, el fuego debe de ser entendido como uno de los procesos planetarios clave, junto al clima, que ha condicionado la evolución y la dispersión de plantas y el desarrollo de los biomas, la formación de suelos y los ciclos hidrológico y erosivo (Cerdá *et al.*, 2009).

La influencia del fuego en los ecosistemas terrestres se produce a corto plazo por la eliminación y modificación de la cubierta vegetal, pero a largo plazo son los suelos quienes van a transferir el impacto del fuego a los ecosistemas (Cerdá *et al.*, 2009).

1.3. El caso de La Zoma

El día 22 de julio de 2009 coincidieron en la provincia de Teruel unas condiciones de temperatura (26-27°C), humedad relativa (22-32%) y velocidad del viento (del S-SW de entre 30 y 110 km/h) que incrementaban el riesgo de generarse incendios forestales. Estas condiciones, unidas a una tormenta seca que dejó numerosos rayos alrededor de la provincia, propiciaron la aparición de ocho incendios forestales simultáneos. Gran parte de los medios del dispositivo contra incendios forestales se encontraba actuando en los focos declarados durante los días previos en las provincias limítrofes. Estas circunstancias fueron propicias para que los incendios declarados adquirieran grandes proporciones y tres de ellos superaron la consideración de gran incendio forestal:

- Aliaga-Ejulve, con una superficie afectada de más de 7.300 ha.
- Alloza-Crivillén que afectó a algo más de 1.580 ha.
- Corbalán-Cedrillas que afectó a una superficie de algo menos de 1.000 ha.

El incendio de Aliaga, objeto del presente estudio, no pudo ser controlado hasta el día 28 de julio y afectó a los términos municipales de Aliaga (2.480 ha quemadas), Cañizar del Olivar (210 ha), Castel de Cabra (7 ha), Ejulve (2.894 ha), La Zoma (1.017 ha) y Villarluego (694 ha), situados en las comarcas turolenses de Cuencas Mineras, Andorra-Sierra de Arcos y Maestrazgo, siendo la primera de ellas la más afectada (Contratas Ancar, 2013).

A instancias de Aquabona, empresa poseedora de una planta embotelladora en el término municipal de Cañizar del Olivar, la Fundación Ecología y Desarrollo (ECODES) impulsó un proceso participativo entre los agentes del territorio para identificar sus demandas de actuación en la zona. La restauración del área incendiada fue la actividad solicitada en primer lugar por la población local. Para acometerla, la universidad de Zaragoza organizó un Taller de Expertos que estableció las directrices principales de la restauración, las cuales se plasmaron en un proyecto técnico redactado por la empresa Contratas ANCAR, revisado por la Universidad de Zaragoza y aprobado por la Dirección General de Gestión Forestal del Gobierno de Aragón. Se trata del Plan Director “Plantando agua: construyendo los montes del siglo XXI para un nuevo escenario de cambio climático y de cambios sociales en la comarca de las Cuencas Mineras (Teruel)”.

El Plan Director incluye superficies repartidas entre los términos municipales de La Zoma (1.017 ha), Cañizar del Olivar (210 ha) y Castel de Cabra (7 ha), y pretende desarrollar un estudio global de reforestación y posterior gestión de los bosques, en diferentes fases o anualidades según su prioridad, que ayude a recuperar la cubierta vegetal para evitar la pérdida de suelo y mejorar el ciclo hidrológico reduciendo la pérdida de agua, además de dinamizar socioeconómicamente los términos municipales (Contratas Ancar, 2013).

Los trabajos realizados en la zona para la restauración del medio natural afectado por los incendios han sido, entre otros, la retirada de madera quemada, la defensa suelos mediante fajinas y estructuras similares para evitar la pérdida de suelo, la atención a la sanidad de los rodales supervivientes y de las zonas colindantes al incendio, y la repoblación forestal con *P. sylvestris*, *P. halepensis*, *J. thurifera*, *J. phoenicea*, *J. oxycedrus*, *Q. ilex* y *Q. faginea* principalmente (Contratas Ancar, 2013).

1.4. La regeneración natural en la recuperación de las zonas incendiadas. El caso del *P. pinaster*

La regeneración tras incendios forestales es uno de los problemas ecológicos más importantes existentes en toda la cuenca mediterránea, siendo una de las líneas de trabajo que suscita mayor interés en distintas convocatorias y programas de investigación nacionales y europeos (Madrigal *et al.*, 2011).

Después de un incendio no hay sucesión en el sentido de que unas comunidades reemplazan a otras, sino que hay una progresiva reaparición de las especies que pertenecían ya a la comunidad. Tras el incendio, las herbáceas de vida corta cubren el suelo junto con los arbustos y leñosas que rebrotan rápidamente. Las herbáceas alcanzan su pico en 1-5 años, y luego reducen su presencia y diversidad. El crecimiento es muy activo en el primer quinquenio y luego se ralentiza, aunque depende de las características del incendio y del lugar donde se produzca. Esta rapidísima regeneración es muy importante para proteger el suelo de la erosión (Cerdá *et al.*, 2009).

En España, el *P. pinaster* es la segunda especie arbórea en extensión superficial (Rodríguez y Bravo, 2013). En el período 1991-2010 fue una de las especies más afectadas por los incendios forestales (Madrigal *et al.*, 2011), por lo que resulta determinante conocer su comportamiento ante el fuego.

El *Pinus pinaster* Ait., también conocido como pino rodeno, pino marítimo o pino negral, es una especie de carácter pirófito que se caracteriza por el gran tamaño de sus acículas (10-25 cm) y de sus piñas (8-22cm de largo y 5-8cm de ancho). Su distribución natural es mediterránea, aunque su rango ha sido ampliamente extendido mediante plantación en otros países de Europa, Asia, África, Sudamérica y Oceanía.

La regeneración natural del *P. pinaster* tras un incendio suele ser abundante, precoz y de gran intensidad (Rodríguez y Bravo, 2013).

Una vez que se ha producido el incendio, el proceso de diseminación de las semillas es bastante rápido (aunque no inmediato). Tras la brusca apertura de las piñas al paso del fuego, las semillas se van diseminando en un período de unos 90-180 días, aunque la mayoría de los piñones caen en los primeros 60-80 días (Vega *et al.*, 2010). Estas observaciones tienen una fuerte implicación en la gestión, puesto que la urgencia de las actuaciones podría provocar más daño que beneficio. (Vega *et al.*, 2010; Madrigal *et al.*, 2011).

Desde el último cuarto del siglo XX, sobre todo en los últimos 20 años, han coincidido una serie de circunstancias para que la regeneración natural de la especie sea insuficiente e irregular en abundantes zonas: por un lado, el aumento de la recurrencia de incendios y de las superficies afectadas en cada uno de ellos, y por otro, la intensa sequía estival que ha sacudido periódicamente la península ibérica. Así, en muchas zonas, el *P. pinaster* se ha visto desplazado por otras especies como *Eucalyptus globulus* (Galicia) o *P. halepensis* y matorral (Levante y sur de España), e incluso por Quercíneas (Sistema Ibérico). Por tanto, la alta recurrencia unida a las sequías estivales acusadas, está favoreciendo a especies más xerófilas o, en su caso, especies con capacidad de rebrote (Madrigal *et al.*, 2005; Madrigal *et al.*, 2011).

1.5. Mecanismos que rigen la sucesión de las comunidades tras una perturbación

Según (Walker y del Moral, 2003) la sucesión ecológica se puede definir como el cambio de especies en el tiempo.

Se distinguen tres mecanismos principales que operan a lo largo de la sucesión, condicionando el ensamblaje de las comunidades (Connell y Slatyer, 1977). Estos son:

- **Facilitación:** Las plantas pioneras modifican el medio a favor de especies de fases más avanzadas y son eliminadas por la competencia.
- **Tolerancia:** Las plantas establecidas inhiben la instalación de otras (pioneras o no).
- **Inhibición:** Las plantas establecidas inhiben a otras pioneras pero no a las establecidas. Las de fases avanzadas terminan por eliminar a las pioneras.

Cuando una zona queda desprovista de vegetación se pone en marcha el proceso de sucesión vegetal, que comienza por la fase de colonización. Ésta, a su vez, podría definirse como una función de distintos procesos que se suceden en el tiempo: la dispersión, la fijación y la germinación de semillas, y el establecimiento de las plantas y su supervivencia. Así, la colonización de una zona sin vegetación depende, en primer lugar, del aporte de semillas, las cuales se enfrentan a factores abióticos como la pendiente. Posteriormente, las semillas que resisten al arrastre de la gravedad o el agua han de encontrar una serie de condiciones favorables que les permitan germinar y desarrollarse hasta convertirse en un individuo adulto. Tras la fase de colonización, las interacciones entre plantas, tanto a través de la facilitación de una especie por otra que le ayuda a establecerse (interacción positiva) o a través de la exclusión de una especie por

la presencia de especies competidoras (interacción negativa), implican cambios graduales en la composición florística de las comunidades. En definitiva, la colonización de una zona dada, y la comunidad de plantas resultante, depende de tres grandes grupos de factores:

- La disponibilidad de semillas
- Las condiciones del medio (factores abióticos)
- Las interacciones planta-planta y planta-animal (factores bióticos)

Conocidos a su vez como los tres grandes 'filtros ecológicos' que determinan el ensamblaje de las especies (Bochet *et al.*, 2011).

De acuerdo con la teoría de ensamblaje de las especies, sólo aquellas pertenecientes al conjunto o *pool* de especies locales capaces de atravesar estos filtros podrán establecerse con éxito en una zona determinada. Mediante un proceso de selección a través de sucesivos filtros, el tamaño del *pool* de especies locales se ve progresivamente reducido a un subconjunto de especies del *pool* original. La selección de las especies se hace en función de sus rasgos morfológicos y funcionales que definen su capacidad para alcanzar la zona por dispersión (filtro de la dispersión), para adaptarse a las condiciones del medio (filtro de los factores abióticos) y para competir con las demás plantas establecidas (filtro de las interacciones bióticas). A medida que van entrando las especies en la comunidad (*pool* actual) y transcurre la sucesión, la intensidad e influencia relativa de los filtros va cambiando. Mientras que la dispersión y los factores abióticos tienen un mayor peso en las primeras etapas de la sucesión, las interacciones planta-planta y planta-animal van adquiriendo una mayor importancia en etapas más tardías. Estos bucles de retroalimentación inherentes al sistema hacen que los filtros sean dinámicos y que el tamaño de sus mallas se esté reajustando continuamente. No obstante, el dinamismo de los filtros y las perturbaciones externas que sufren continuamente los sistemas (contaminación, erosión, incendios...) hacen que la trayectoria del sistema no sea unidireccional y predecible, sino que admite múltiples trayectorias (Bochet *et al.*, 2011; Keddy, 1992).

1.6. Objetivos

1.6.1. *Objetivo general*

- Evaluar la regeneración natural post-incendio del *Pinus pinaster*.

1.6.2. *Objetivos específicos*

- Cuantificar la regeneración natural de *P. pinaster* en términos de abundancia y biomasa.
- Identificar las fuentes de semillas de la regeneración.
- Determinar los factores abióticos que controlan la regeneración.
- Estimar el efecto de la competencia intra e interespecífica sobre la regeneración.

2. Material y métodos

2.1. Descripción del área de estudio

2.1.1. Localización

El área de estudio en la que se ha desarrollado el presente trabajo está ubicada en el término municipal de La Zoma, Teruel, más concretamente en el monte de utilidad pública TE-84, también conocido como el Cabezo de Hierro. Dicho monte se encuentra al oeste del núcleo de población de La Zoma y tiene una superficie de 493,98 ha, de las cuales 334,73 se quemaron durante el incendio de 2009.

Desde un punto de vista geográfico, el área de estudio se encuentra en la cuenca del río Martín, afluente del Ebro, ubicada en las estribaciones más surorientales del Macizo Ibérico.

En el Mapa 1 (Anexo I) se detalla la localización del área de estudio respecto al núcleo de población de La Zoma.

2.1.2. Geología y edafología

La zona de estudio se localiza en los extremos nororientales de la Rama Aragonesa u oriental de la Cordillera Ibérica, que se corresponde con la parte septentrional del Macizo del Maestrazgo. Su altitud está comprendida entre 1170 y 1260 metros sobre el nivel del mar.

Según el Mapa Geológico de España del IGN (Canerot *et al.*, 1976), prácticamente la totalidad del área de estudio está asentada sobre una litología de areniscas, pizarras y cuarcitas en la que predominan los suelos pedregosos, determinados por su material de origen, a excepción de las zonas más ubicadas al norte y al oeste (únicamente las zonas más exteriores) en las que predominan las margas, dolomías y calizas dolomíticas blancas.

En cuanto a los suelos de la zona, éstos son de poco a medianamente profundos, encontrándose mayores espesores en las umbrías, sobre las litofacies blandas. El contenido en materia orgánica es, en general, de moderado a fuertemente húmico, presentándose en las umbrías y en las cubiertas vegetales más pobladas, mientras que son débilmente húmicos los que soportan cubiertas muy ralas de matorral. Dadas las precipitaciones, las temperaturas medias y la pendiente existente en casi toda la superficie quemada, el desarrollo de los suelos nunca será muy amplio, dominando las

rendzinas o los ránkeres de pendiente sobre otros tipos: los mayores desarrollos esperables serán los suelos pardos ácidos forestales en las zonas de reacción ácida, mientras que en las zonas de calizas y margas las rendzinas evolucionadas de perfil A/Bw/C. La existencia de horizontes de iluviación Bs o Bt es altamente improbable debido a las bajas precipitaciones (Contratas Ancar, 2013).

2.1.3. Climatología

El clima del área de estudio es submediterráneo continental frío y presenta una precipitación media anual de unos 550 mm (Estación meteorológica La Mezquitilla).

Según los datos (1996-2013) recogidos por la estación meteorológica La Mezquitilla (Aquabona), estación más próxima al área de estudio, la temperatura media anual es de 10,5°C, la máxima absoluta de 35,7°C y la mínima absoluta de -14,9°C.

En ocasiones el máximo de precipitación del otoño es más acusado que el primaveral, marcando así la mayor influencia de las depresiones otoñales mediterráneas, presentando una importante sequía veraniega que queda mitigada en parte por las tormentas, muy numerosas e intensas en los meses estivales.

En la Figura 1 se representa la temperatura y las precipitaciones por meses en la estación meteorológica La Mezquitilla desde el año 1996 al 2013.

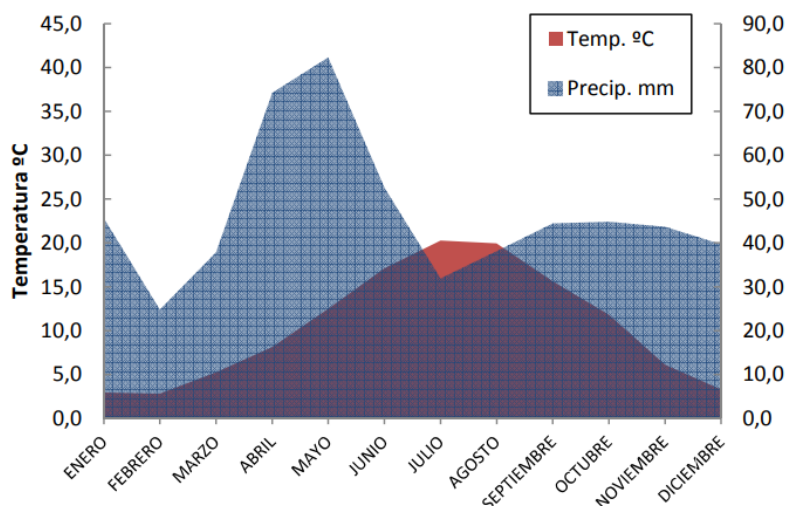


Figura 1. Climograma de la estación meteorológica La Mezquitilla entre los años 1996 y 2013. (Contratas Ancar, 2013).

2.1.4. Vegetación

Conforme a la Memoria del Mapa de Series de Vegetación de Rivas Martínez (Rivas-Martínez, 1987), la zona estudiada queda englobada en el piso bioclimático supramediterráneo y la vegetación potencial pertenece a la serie de los encinares supramediterráneos, en concreto a la serie 22^a: Serie castellano-maestrazgo manchega basófila de la encina.

En concreto, el área de estudio se encuentra situada sobre un antiguo pinar repoblado, al menos en parte, de *P. pinaster* anterior al incendio de 2009.

En el monte de utilidad pública TE-84 también destaca la presencia de ejemplares de *Quercus ilex*, *Pinus nigra*, *Juniperus oxycedrus*, *Cistus populifolius*, *Cistus laurifolius*, *Rosa canina* y *Amelanchier ovalis*, entre otras especies.

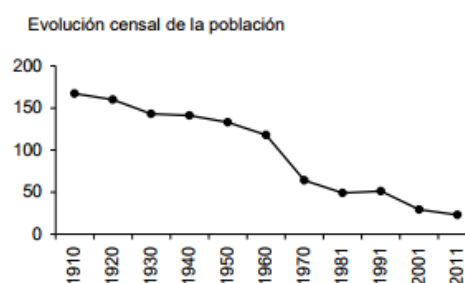
2.1.5. Medio socioeconómico

Según datos del Instituto Aragonés de Estadística, el municipio de La Zoma tenía una población de 16 habitantes en el año 2016, siendo el tercer municipio con menos población de todo Aragón.

Un 68,75% de los habitantes de La Zoma son mujeres, el 31,25% restante hombres y la edad media se sitúa en 67,4 años, siendo notablemente superior que la media de la comunidad autónoma de Aragón (44,4 años) (IAEST, 2017).

Evolución de la población

Evolución censal		Cifras oficiales a 1 de enero	
Año	Población	Año	Población
1910	167	2006	24
1920	160	2007	23
1930	143	2008	22
1940	141	2009	22
1950	133	2010	22
1960	118	2011	22
1970	64	2012	22
1981	49	2013	19
1991	51	2014	19
2001	29	2015	18
2011	23	2016	16



Fuentes para evolución censal: Censos de población de 1900 a 2011. Se ha recalculado la población según la estructura territorial del municipio en 2011.
Fuente para poblaciones oficiales: Padrón municipal de habitantes a 1 de enero de cada año.

Figura 2. Evolución de la población en el municipio de La Zoma. Fuente: IAEST 2017

Como puede apreciarse en la Figura 2, la evolución demográfica del término municipal fue regresiva desde principios del siglo XX hasta la actualidad, mostrando una caída más acusada en la década de 1960.

En el año 2016, el 33,3% de las afiliaciones a la seguridad social se debieron al sector agrícola, mientras que el 66,7% restante al sector servicios. Además, en el año 2013, la media anual de paro registrado fue de 0 personas (IAEST, 2017).

La superficie agraria utilizada en el municipio es de 411,7 ha, lo que supone un 28,4% de la superficie del mismo (IAEST, 2017).

2.2. Diseño muestral

2.2.1. Delimitación del área de estudio

Para la delimitación del área de estudio se utilizó como base la información proporcionada por la administración de medio ambiente del Gobierno de Aragón, en la cual se detallaron las zonas en las que existía regeneración natural de *P. pinaster* en el monte de utilidad pública TE-84.

El día 28 de Marzo de 2017 se realizó una visita al Cabezo de Hierro con el objetivo de conocer mejor la zona. Tras dicho reconocimiento, creando un polígono en una capa de archivo shape mediante el programa informático ArcGIS, se acotó de una forma más precisa el área de estudio sobre una ortofoto tomada por el PNOA en el año 2015. Dicha área (34,9 ha) se representa en el Mapa 1 (Anexo I).

2.2.2. Recopilación bibliográfica

Con objeto de diseñar el muestreo de campo, se recopilaron estudios centrados en la regeneración natural del *P. pinaster* y otras especies del género *Pinus*.

Se seleccionaron un total de 28 estudios de diversos autores, localizaciones y especies del género *Pinus*, siendo pirófitas la mayoría de éstas especies.

En la Tabla 1 se pueden consultar las referencias de los diferentes estudios recopilados además de su localización y la especie de pino sobre la que trata.

Especie	Localización	Referencia
<i>P. pinaster</i>	España	(Rodríguez García <i>et al.</i> , 2007)
		(Madrigal <i>et al.</i> , 2005)
		(Rodríguez y Bravo, 2012)
		(Calvo <i>et al.</i> , 2008)
		(Rodríguez y Bravo, 2014)
		(Guzmán <i>et al.</i> , 2005)
		(Canga <i>et al.</i> , 2003)
		(Rodríguez <i>et al.</i> , 2001)
	Portugal	(Castro <i>et al.</i> , 1989)
		(Maia <i>et al.</i> , 2012)
(Fernandes <i>et al.</i> , 2016)		
<i>P. halepensis</i>	España	(Pausas <i>et al.</i> , 2004)
		(Martínez-Sánchez <i>et al.</i> , 1997)
		(Martínez-Sánchez <i>et al.</i> , 1999)

	Grecia	(Tsitsoni, 1997)
	Italia	(Saracino y Leone, 1993)
	Israel	(Ne'eman <i>et al.</i> , 1992)
<i>P. nigra</i>	España	(Serrada <i>et al.</i> , 1993) (Tiscar y Linares, 2011)
	Grecia	(Christopoulou <i>et al.</i> , 2014)
<i>P. sylvestris</i>	España	(González-Martínez y Bravo, 2001)
	Lituania	(Suchockas, 2001)
	República checa	(Vacek <i>et al.</i> , 2016)
	Polonia	(Szmyt, 2010)
Otras (1)	España	(Buesa, 2003) (Arévalo y Fernández-Palacios, 2008)
	Grecia	(Spanos <i>et al.</i> , 2000)
	China	(Tang <i>et al.</i> , 2013)

Tabla 1. Bibliografía recopilada en la que se basó el diseño muestral junto con la localización y especie de pino de los trabajos.

(1): "Otras" hace referencia a: *P. brutia*, *P. radiata*, *P. canariensis* y *P. yunnanensis*.

También se tuvo en cuenta (Matney y Hodges, 1991) a la hora de diseñar el muestreo.

2.2.3. Comparación de datos

Se realizó una comparación entre los 28 estudios con el fin de definir el número de parcelas necesarias, su tamaño, distribución y las variables a medir.

En ciertos estudios no se especificaban todos los parámetros deseados, por lo que el número de datos en algunas de las comparaciones es menor de 28.

Metros cuadrados muestreados por hectárea

A continuación, en la Tabla 2 se presenta una relación entre el tamaño del área de estudio en hectáreas y los m²/ha muestreados en el estudio.

ha	30	35	38	60	60	61,5	76.84	143	150	200	340	836	1849	3000	3000	3700	5700
m ² /ha	49	34.29	6.03	20,94	7.5	9.76	20,41	1,08	3.33	2.25	31,76	3.19	8.65	0,06	1,11	4.73	0,7

Tabla 2. m² muestreados/ha en relación al tamaño (en ha) del estudio en los diferentes trabajos analizados.

Para determinar si existe una correlación significativa entre las hectáreas estudiadas y los m² muestreados por hectárea primero debemos saber si los datos se

distribuyen de manera normal o no. Para ello, utilizando el programa estadístico SPSS, realizamos la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.

Las variables seleccionadas son:

- Número de hectáreas estudiadas
- m²/ha muestreados

Estableciendo como:

- H₀ = La muestra tiene una distribución normal
- H₁ = La muestra no tiene una distribución normal

Con un nivel de significancia $\alpha=0,05$

El valor p obtenido tras la realización de la prueba para cada variable es:

- Número de hectáreas estudiadas: 0,000
- m²/ha muestreados: 0,002

Como en ambas variables el valor p es inferior al nivel de significancia podemos rechazar la hipótesis nula y suponer que los datos no tienen una distribución normal.

Debido a que los datos no presentan una distribución normal se calculó, mediante el software estadístico SPSS, el coeficiente de correlación de Spearman para determinar si existe una correlación entre las dos variables, obteniendo un coeficiente de correlación $\rho=-0,683$ con un nivel de significancia de 0,002. Existe por lo tanto una relación negativa alta y tenemos que tener en cuenta las hectáreas de nuestro estudio (34,9 ha) para definir el número de m² que se muestrearán.

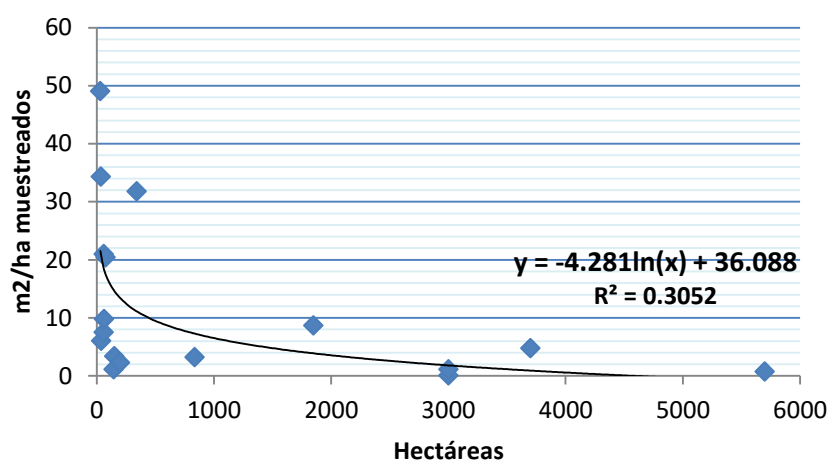


Figura 3. Diagrama de dispersión entre hectáreas estudiadas y m²/ha muestreados.

En la Figura 3 vemos una representación, mediante un diagrama de dispersión, de las variables estudiadas. En él se ha añadido una línea de tendencia y su ecuación de la recta, con la que podemos calcular el número de m² que tendríamos que muestrear en relación a los trabajos estudiados.

$$Y = -4,281 \ln(x) + 36,088$$

Siendo:

- Y = m²/ha muestreados
- X = Número de hectáreas estudiadas

El área de estudio tiene 34,9 ha, por lo que:

$$Y = -4,281 \ln(34,9) + 36,088 = 20,88$$

Deberíamos muestrear al menos: Y = 20,88 m²/ha

Teniendo en cuenta que el área de estudio es de 34,9 ha el número de m² que deberíamos muestrear es al menos de 728,7 m².

Forma y tamaño de las parcelas

El tamaño de las parcelas de los estudios recopilados es muy variable, abarcando desde parcelas de 1 m² a parcelas de 2.500 m².

En cuanto a la forma, 17 de los estudios utilizan parcelas cuadradas o rectangulares y 11 circulares.

Entre los 28 estudios, encontramos 18 formas de parcela diferentes, por lo que no hay definida una forma y tamaño estándar para este tipo de estudios.

Las parcelas que más se repiten (5 veces) son las de radio 2,5 m (19.6 m²). Estos estudios pertenecen a los mismos autores y utilizan el método de existencias por cuadrantes descrito en (Bravo y Rodríguez, 2005).

También destacan las parcelas de 10x10 m (100 m²) repitiéndose 4 veces y 1x1 m (1 m²) 3 veces.

Distribución de las parcelas

En la Tabla 3 se presenta el método de distribución de las parcelas en los diferentes trabajos que lo especificaban. Podemos apreciar que existe una clara preferencia por las parcelas situadas al azar.

Distribución de las parcelas	N
Azar	11
Cuadrícula	5
Otros	3

Tabla 3. Distribución de las parcelas de los estudios de la bibliografía recopilada.

2.2.4. Diseño muestral para el presente estudio

En el apartado dedicado a los m² muestreados por hectárea del punto 2.2.3., hemos calculado que necesitaríamos muestrear al menos 728,7m² (20,88m²/ha).

Debido a que algo más de la mitad de los trabajos recopilados hace uso de parcelas cuadradas y éstas a su vez son más fáciles de colocar durante el muestreo de campo que las circulares, se decidió utilizar parcelas cuadradas para el muestreo del presente estudio.

En cuanto al tamaño de las mismas, se eligió el cuadrado de 5x5 m por ajustarse adecuadamente a la distribución espacial y tamaño de los organismos a estudiar (pinos juveniles y matorrales). Otros tamaños de parcelas utilizados en la bibliografía (100 m² y 1 m²) se consideran inapropiados para nuestras condiciones.

Teniendo en cuenta que debíamos muestrear al menos 728,7m² y que las parcelas que se iban a utilizar eran de 5x5 m, el número de parcelas tenía que ser al menos de 29,15, por lo que se muestrearon un total de 30 parcelas (750 m²).

El método de distribución de las parcelas fue al azar, dado que las especies estudiadas no presentan un patrón regular de distribución ni sectorizado.

En resumen, se decidió que el muestreo constara de:

- 30 parcelas
- Parcelas de 5x5 m (25 m²)
- Distribuidas al azar

Para cumplir con los objetivos del estudio se seleccionaron las siguientes variables para medir en cada parcela (1):

- Variables referidas a los pinos regenerados en cada parcela:
 - **Número de pinos regenerados:** Se contó el número de individuos regenerados de *P. pinaster*.
 - **Altura:** Se midió la altura de cada individuo regenerado mediante un flexómetro de escala milimétrica.
 - **Diámetro:** Se midió el diámetro basal de cada individuo regenerado mediante un calibre digital.
 - **Edad:** Se estimó contando el número de verticilos de cada individuo regenerado.
 - **Viabilidad:** Se distinguió entre pinos vivos, muertos y en mal estado.
 - **Presencia/ausencia de piñas en el pino:** Se anotó si el pino desarrollaba piñas o no.

- Variables respecto a la parcela:
 - **% de superficie cubierta por pinos:** Se estimó de forma visual el porcentaje de superficie ocupada por pinos.
 - **% de cada especie de matorral:** Se estimó de forma visual el porcentaje de superficie ocupada por cada especie de matorral.
 - **Altura media de cada especie de matorral:** Se calculó realizando una media entre la altura (medida con un flexómetro de escala milimétrica) de los individuos más representativos de cada parcela.
 - **% total de matorral:** Se calculó sumando los porcentajes de cada especie de matorral en cada parcela.
 - **Altura media total de matorral:** En cada parcela, teniendo en cuenta la altura media de cada especie de matorral y su porcentaje de superficie ocupada, se calculó una altura media de matorral.
 - **% de herbáceas:** Se estimó de forma visual el porcentaje de superficie ocupada por herbáceas.
 - **Altura media de las herbáceas:** Se calculó realizando una media entre la altura (medida con un flexómetro de escala milimétrica) de los individuos más representativos de cada parcela.
 - **% de suelo desnudo:** Se estimó de forma visual el porcentaje de superficie de suelo desnudo.

- **% ocupado por madera muerta:** Tras el incendio, la madera quemada fue amontonada formando fajinas en muchas zonas del área de estudio. Se estimó de manera visual el porcentaje de superficie ocupado por dicha madera.
- **Número de tocones:** Se contó el número de tocones de pinos que se quemaron durante el incendio.
- **Distancia a la fuente semillera más cercana:** Mediante una cinta métrica se midió la distancia de la parcela a la fuente semillera más cercana, entendiendo como fuente semillera a cualquier individuo de *P. pinaster* anterior al incendio y que sobrevivió al mismo, siempre y cuando desarrolle piñas.
- **Orientación:** Se anotó la orientación dada por el GPS de cada parcela. Posteriormente se agruparon en solana (S y W) y umbría (N y E).
- **Altitud:** Se apuntó la altitud sobre el nivel del mar dada por el GPS.
- **Pendiente:** Se estimó de forma visual y se detalló contrastando las medidas con un mapa de pendientes en el programa informático ArcGIS.
- **Pedregosidad:** Se estimó de forma visual atendiendo a la abundancia y tamaño de los elementos gruesos superficiales.
- **Zona de la ladera:** Se distinguió entre zona alta de la ladera (exportadora) y zona baja (importadora), apuntando a cuál pertenece cada una de las parcelas.

(1): La separación de variables en “variables referidas a los pinos regenerados en cada parcela” y “variables respecto a la parcela” es la misma que se hizo para realizar el tratamiento estadístico (apartado 2.5.), separando cada uno de los dos grupos en tablas diferentes. La única excepción fue la variable “número de pinos regenerados en la parcela”, que fue incluida en las tablas referidas a las variables sobre la parcela.

2.3. Ubicación de las parcelas

Para distribuir las 30 parcelas al azar dentro del área de estudio, se generaron números aleatorios que correspondían a las coordenadas de la parcela (ETRS 1989 UTM Zona 30N), en una hoja de cálculo Excel con el comando “=ALEATORIO.ENTRE”.

Los números aleatorios se generaron en dos celdas, una para el eje X (valores comprendidos entre 699210 y 700308) y otras para el eje Y (entre 4517182 y 4517970). Estos valores se aceptaron o rechazaron según su ubicación en el mapa.

En la Figura 4 podemos ver el área de estudio (zona amarilla) y la zona potencial donde podían encontrarse los valores generados en la hoja de cálculo (zona blanca).

Los valores fueron:

- Aceptados:
 - El punto al que corresponden los valores X, Y se encuentra dentro del área de estudio (zona amarilla de la Figura 4) y como mínimo a 5 metros de distancia de sus bordes.

- Rechazados:
 - El punto al que corresponden los valores X, Y se encuentra fuera del área de estudio.
 - El punto al que corresponden los valores X, Y se encuentra dentro del área de estudio (zona amarilla de la Figura 4) a menos de 5 metros de distancia de sus bordes.

Tras aceptar o rechazar un punto, se generaron dos nuevos valores para ubicar el siguiente y se representaron en una capa de archivo shape. Los puntos representados corresponden a la esquina superior izquierda de cada parcela.

En caso de rechazar un valor se volvió a generar tanto el valor X como el Y.

En el Mapa 2 (Anexo I) se detalla la ubicación de cada parcela.

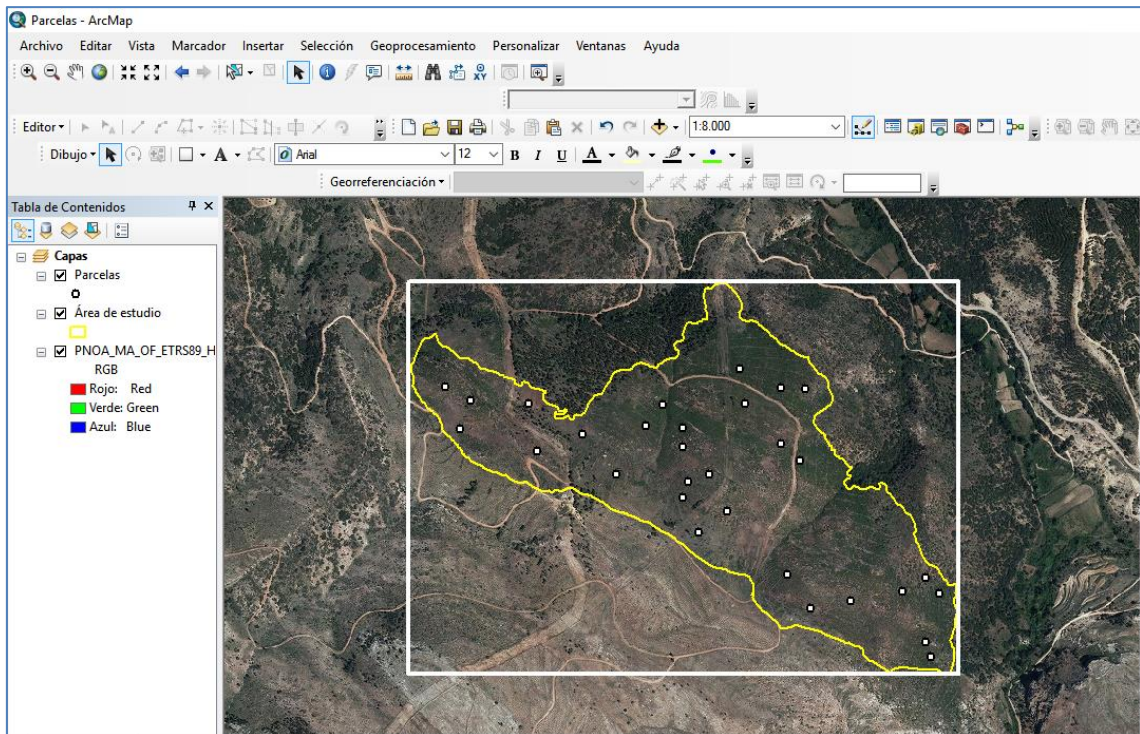


Figura 4. Proceso de ubicación de las parcelas dentro del área de estudio.

Las coordenadas (UTM zona 30N) de cada parcela se detallan en la Tabla 4:

Nº de la parcela	X	Y	Nº de la parcela	X	Y
1	699557	4517666	16	700095	4517332
2	699883	4517726	17	699447	4517738
3	699466	4517631	18	699847	4517512
4	700272	4517345	19	700003	4517757
5	700244	4517377	20	699758	4517678
6	699313	4517678	21	700025	4517535
7	699757	4517641	22	699992	4517612
8	699682	4517682	23	699789	4517468
9	700276	4517254	24	699260	4517783
10	699810	4517586	25	700204	4517422
11	699761	4517576	26	700013	4517316
12	699341	4517733	27	699718	4517725
13	700254	4517219	28	699955	4517646
14	699955	4517759	29	699758	4517539
15	699663	4517558	30	699871	4517796

Tabla 4. Coordenadas (UTM 30N) de cada parcela.

2.4. Muestreo

El muestreo de las parcelas se llevó a cabo en el mes de mayo de 2017.

La ubicación de cada parcela se localizó mediante un GPS. Una vez localizadas se clavó una estaca en la esquina superior izquierda y se colocó una serie de cuerdas para delimitar las parcelas de 5x5 metros.

Posteriormente se procedió a la toma de datos de las variables detalladas en el apartado 2.2.4., apuntando los de cada parcela en un estadillo. El diseño del estadillo se puede consultar en el Anexo II.

Tras tomar los datos de todas las variables se realizó un video de cada parcela, haciendo énfasis en los aspectos más relevantes de la misma para poder revisarlas posteriormente.

Por último, se recogieron las cuerdas que delimitaban las parcelas y se dejaron las estacas clavadas por si se tuviese que volver en un futuro.

También se recogieron muestras de individuos de cada especie en estado arbustivo que apareció durante el muestreo para la elaboración de un pequeño herbario (Anexo III).

En el Anexo IV se adjuntan fotografías del área de estudio realizadas durante el muestreo.

2.5. Tratamiento de los datos y análisis estadístico

En primer lugar, se digitalizaron los datos obtenidos en el muestreo para su posterior tratamiento estadístico. Dicha digitalización consistió en la introducción de los datos en una hoja de cálculo Excel formando dos tablas, una referida a los datos generales de la parcela y otra para las variables sobre cada individuo regenerado de *P. pinaster*.

Se calculó la media de la altura, diámetro basal y edad de los individuos regenerados de *P. pinaster* en cada parcela y se añadieron como nuevas variables a la tabla en la que se exponen los datos generales de cada parcela.

El tratamiento estadístico de los datos se realizó con el programa informático IBM SPSS Statistics 22. Se creó un archivo SPSS para ambas tablas y en cada uno de ellos

se introdujeron sus variables correspondientes, configurándolas conforme a sus propiedades.

Todas las variables introducidas son de tipo numérico salvo las variables nominales referidas a la zona de la ladera y la orientación (tabla sobre datos generales de la parcela), y la viabilidad de los individuos y generación de piñas (tabla sobre los regenerados de *P. pinaster*).

Una vez definidas las variables, se introdujeron directamente los datos de las hojas de cálculo Excel en el SPSS.

Cuando la distancia a la fuente semillera más cercana era superior a 250 metros se introdujo "500" como valor de la variable "fuente semillera".

En el caso de la orientación, para que la muestra fuese relevante, se separó en solana (S y W) y umbría (N y E).

Se calcularon las medias y desviaciones estándar de cada variable y se determinó el número de individuos regenerados en el área de estudio por unidad de superficie.

Para conocer la distribución de los individuos regenerados de *P. pinaster* se hizo uso de la distribución de probabilidad de Poisson.

Según (Matney y Hodges, 1991) la varianza de la distribución de Poisson es igual a la media, la varianza de la media teórica comparada con la varianza de la media del muestreo forma un índice de aleatoriedad:

$$I = \mu / S^2$$

Si "I" es igual a 1, la distribución espacial es aleatoria

Si "I" es > 1, la distribución tiende a ser uniforme

Si "I" es < 1, la distribución es agregada

El número medio y la varianza de individuos/parcela fue calculado mediante:

$$\text{Número medio: } \bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i / n \qquad \text{Varianza: } s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2}{n - 1}$$

Como se eleva al cuadrado el número de individuos en cada parcela, es de esperar que la parcela número 30, la cual tiene 56 pinos regenerados, condicione notablemente los resultados, por lo que se calculó por una parte la I para todas las parcelas y, por otra, sin la parcela número 30.

Para determinar cómo afectan unas variables a otras, se calcularon los coeficientes de correlación. Para ello, primero debíamos saber si los datos se distribuyen de manera normal o no, por lo que haciendo uso del programa estadístico SPSS, se realizaron dos tipos de pruebas:

- Prueba de normalidad Shapiro-Wilk: se aplicó al archivo que contenía los datos generales de las parcelas, pues su tamaño muestral es menor de 50 (30 parcelas).
- Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov: se aplicó al archivo que contenía los datos sobre los individuos regenerados de *P. pinaster*, ya que su tamaño muestral es de 214 pinos regenerados.

Estableciendo como:

- H_0 = La muestra tiene una distribución normal.
- H_1 = La muestra no tiene una distribución normal.

Con un nivel de significancia $\alpha=0,05$

Tras la aplicación de las dos pruebas de normalidad obtuvimos que los datos de ambas tablas no presentan una distribución normal, por lo que la prueba seleccionada para determinar los coeficientes de correlación entre las distintas variables fue:

- Coeficiente de correlación de Spearman: se aplica a variables no paramétricas. Se hizo uso de esta prueba para calcular el coeficiente de correlación entre las variables referidas a los individuos regenerados de *P. pinaster* y las variables de carácter general (distribución no normal).

Para determinar si existe una diferencia significativa en las variables entre la zona de la ladera (alta y baja), la orientación (Solana, S-E y Umbría, N-W) y el desarrollo (si o no) de piñas por parte del individuo de *P. pinaster* regenerado, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney para variables independientes estableciendo como:

- H_0 = La distribución es la misma entre las categorías.
- H_1 = La distribución es distinta entre las categorías.

Con un nivel de significancia $\alpha=0,05$

3. Resultados

3.1. Densidad de pies regenerados

La densidad media de individuos regenerados de *P. pinaster* en el área de estudio es de 2.853 pinos/ha, los cuales presentan una altura media de 95,4 cm y un diámetro medio de 24,4 mm. En la parte alta de las laderas la densidad media es de 3.572 pinos/ha y en las bajas de 2.132 pinos/ha. En las laderas de solana es de 3.166 pinos/ha y en las de umbría de 2.644 pies/ha.

Si obviamos la parcela número 30, la cual contiene algo más de $\frac{1}{4}$ de los pinos muestreados, la densidad media del área de estudio sería de 2.179 pinos/ha. Por otra parte, la parcela nº30 presenta una densidad de regenerados de 22.400 pinos por hectárea.

En la Figura 5 se presenta la frecuencia de las densidades medidas en las diferentes parcelas del área de estudio durante el muestreo de campo.

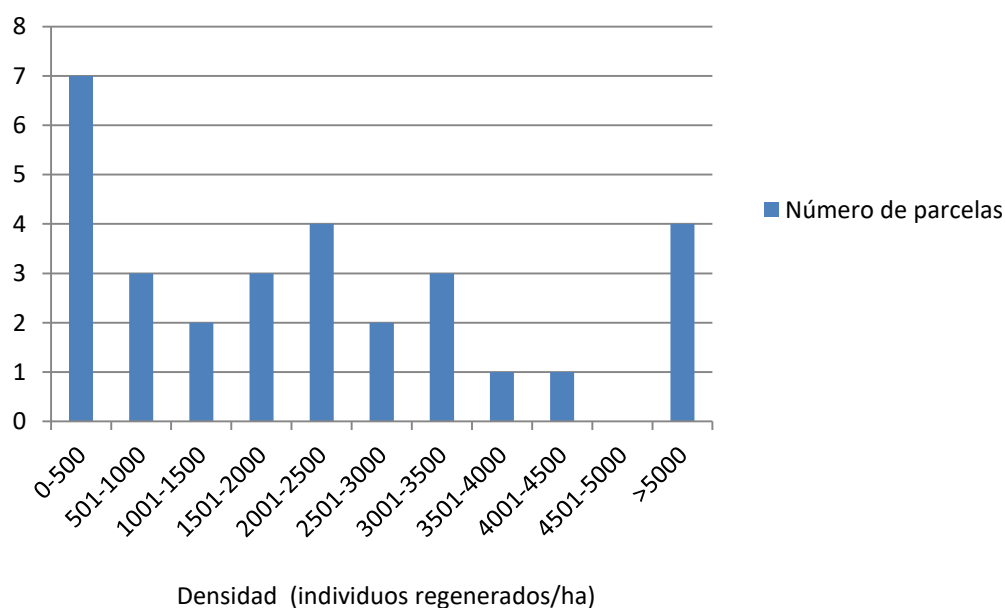


Figura 5. Frecuencia de clases de densidad de pinos/ha en las parcelas muestreadas.

De las 7 parcelas que presentan una densidad de individuos regenerados inferior a 500 pinos/ha (Figura 5) en 3 no se encontraron pinos.

La superficie ocupada por matorral supone el 63,7%. La mayoría se debe a la presencia de jaras (*C. laurifolius* y *C. populifolius*).

Los datos referidos a coberturas y alturas medias se muestran en la Tabla 5.

Variable	% cobertura	desv.	Altura media	desv.
<i>P. pinaster</i>	10,47	11,56	13,62	74,72
Matorral (1)	63,67	29,58	85,38	36,89
<i>C. laurifolius</i> y <i>C. populifolius</i>	52,97	29,31	81,57	27,83
<i>Q. ilex</i>	4,23	7,01	103,2	52,04
<i>A. ovalis</i>	1,4	5,62	57,14	31,66
<i>Q. faginea</i>	1,17	5,52	342,14	73,72
<i>R. officinalis</i>	1,17	6,39	70	12,78
<i>G. scorpius</i>	0,97	2,46	45,62	18,14
<i>D. pentaphilum</i>	0,67	2,66	29,3	7,2
<i>J. communis</i>	0,43	1,36	88,08	27,15
<i>A. uva-ursi</i>	0,4	1,3	7,17	4,28
<i>P. sylvestris</i>	0,1	0,55	65	11,87
<i>R. saxatilis</i>	0,1	0,55	47	8,58
<i>L. angustifolia</i>	0,07	0,037	30	5,48
Herbáceas	9,77	13,24	25,43	17,54
Suelo desnudo	24	18,54	-	-
Restos de madera	5,67	9,92	-	-

Tabla 5. Datos generales de coberturas y alturas medias por variables.

(1): La variable matorral engloba las variables (% y altura) referidas a las especies en estado arbustivo: *C. laurifolius*, *C. populifolius*, *Q. ilex*, *A. ovalis*, *Q. faginea*, *R. officinalis*, *G. scorpius*, *D. pentaphilum*, *J. communis*, *A. uva-ursi*, *P. sylvestris* y *R. saxatilis*.

3.2. Caracterización de los individuos regenerados de *P. pinaster*

Se muestrearon un total de 214 individuos regenerados de *P. pinaster* tras el incendio. En la Tabla 6 se presentan los datos medios obtenidos sobre dichos individuos:

<i>P. pinaster</i>	Altura (cm)	Diámetro basal (mm)	Edad (años)
Media	95,38	24,39	4,68
desv. est.	74,72	24,36	2,04

Tabla 6. Datos medios y desviación estándar sobre los individuos regenerados de *P. pinaster*.

De los 214 pinos, el 98,1% se encontraban en buen estado, mientras que de los cuatro restantes, 3 estaban secos y otro en mal estado.

En las Figuras 6 y 7 se representa la frecuencia de alturas y diámetros basales entre los pinos medidos.

Los pinos regenerados más abundantes son los que presentan menor altura (inferiores a 150 cm y sobretodo en torno a 50 cm) y diámetro basal (inferiores a 20 mm). En cuanto a la edad, representada en la Figura 8, la frecuencia no presenta un pico en los niveles más bajos como sucede con las dos variables mencionadas anteriormente. Las edades más comunes comprenden entre 2 y 7 años, siendo menos numerosos los pinos de 1 y 8 años.

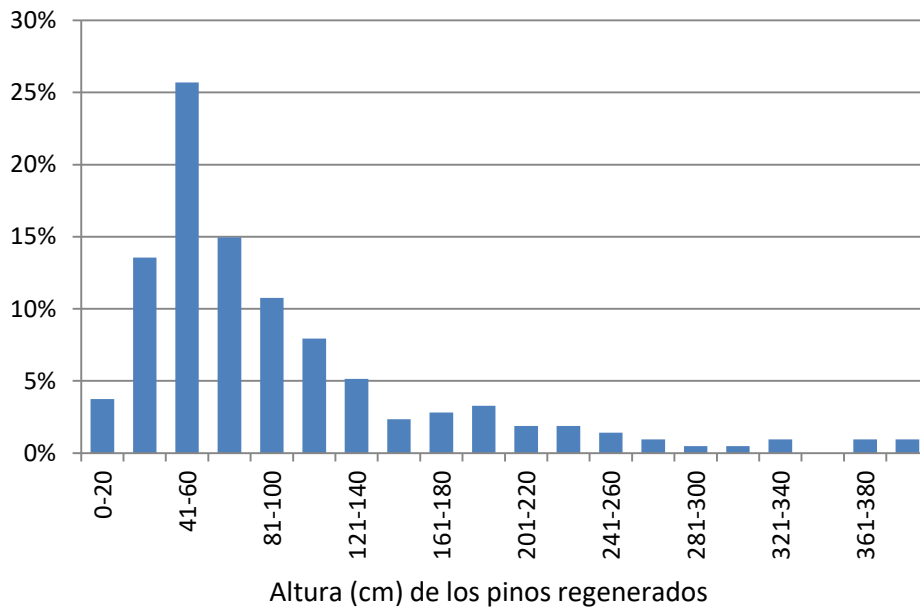


Figura 6. Frecuencia de la altura de los pinos regenerados.

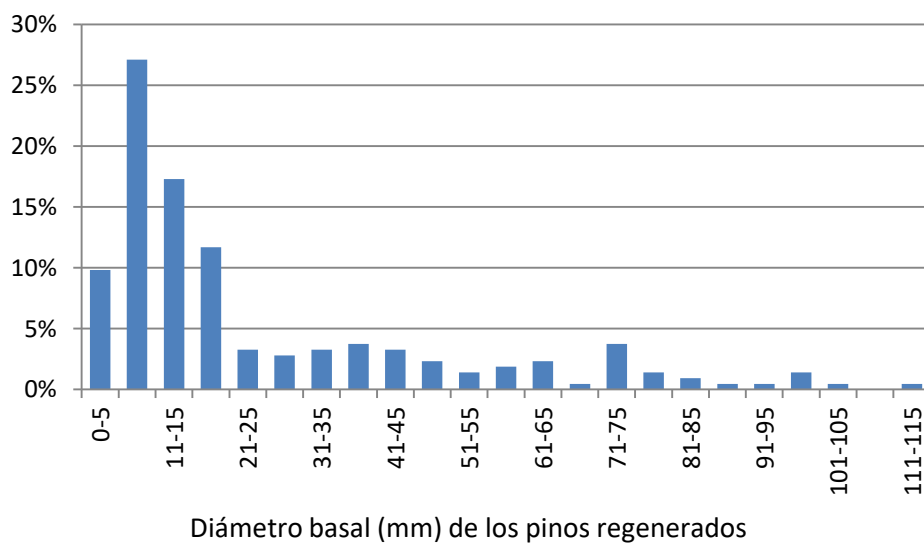


Figura 7. Frecuencia del diámetro basal de los pinos regenerados.

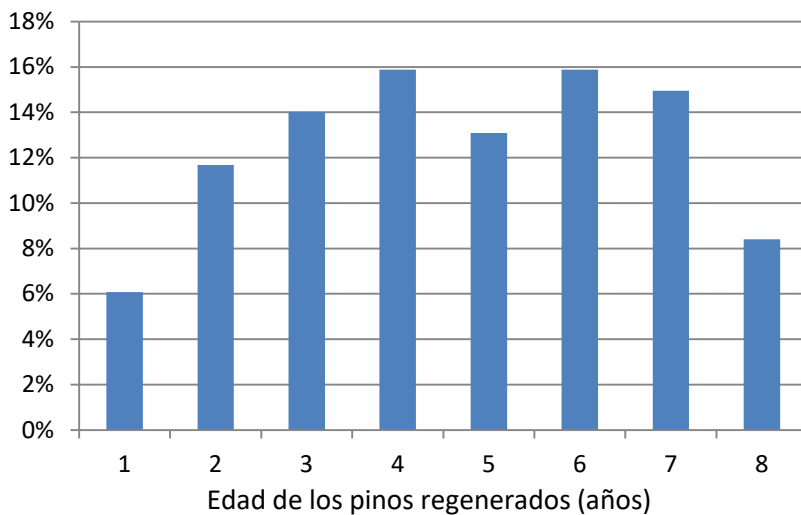


Figura 8. Frecuencia de la edad de los pinos regenerados.

Un 12,6% de los individuos regenerados desarrolla piñas. En la Figura 9 se representa el porcentaje de pinos según su edad y si generan piñas o no.

Los pinos comienzan a desarrollar sus propias piñas a partir de los 6 años de edad, aumentando la frecuencia de productores de estróbilos cuanto más años presenta el individuo. El 72% de los pinos de 8 años generan piñas.

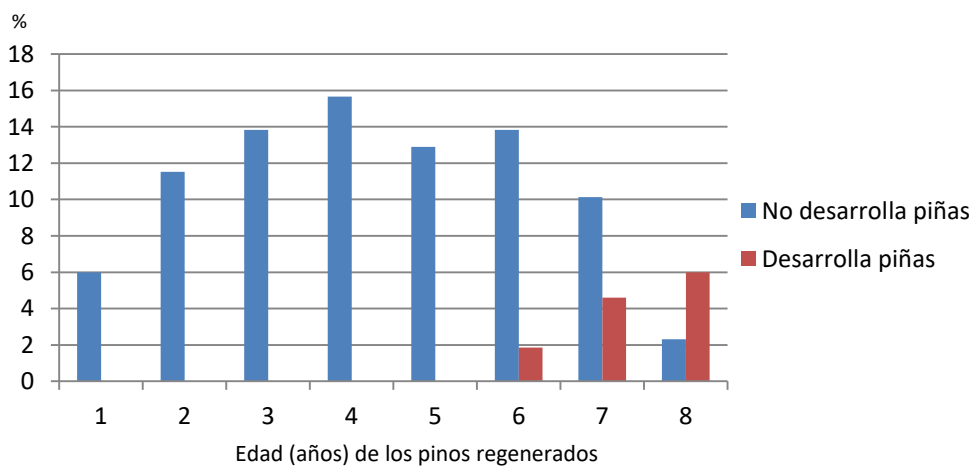


Figura 9. Porcentaje de pinos regenerados según su edad y desarrollo/no desarrollo de piñas.

En la Tabla 7 se muestran los datos relacionados con la altura media y el diámetro medio de los pinos diferenciados por edades, además de la relación altura/diámetro.

La altura y el diámetro basal crecen exponencialmente, aunque a partir del cuarto año la altura se incrementa de una forma más lenta en relación al aumento del diámetro basal, por lo que la relación altura/diámetro decrece notablemente. Estos datos se representan en la Figura 10.

Edad	Altura media (cm)	Diámetro medio (mm)	Relación altura/diámetro
1	22.96	4.17	5.80
2	37.96	5.94	6.64
3	50,33	8.07	6.94
4	73.24	12.26	6.70
5	80,71	20,62	4.56
6	97.44	26.92	4.21
7	169.19	47.33	3.74
8	232.00	74.98	3.08

Tabla 7. Altura y diámetro basal medio según la edad de los pinos regenerados.

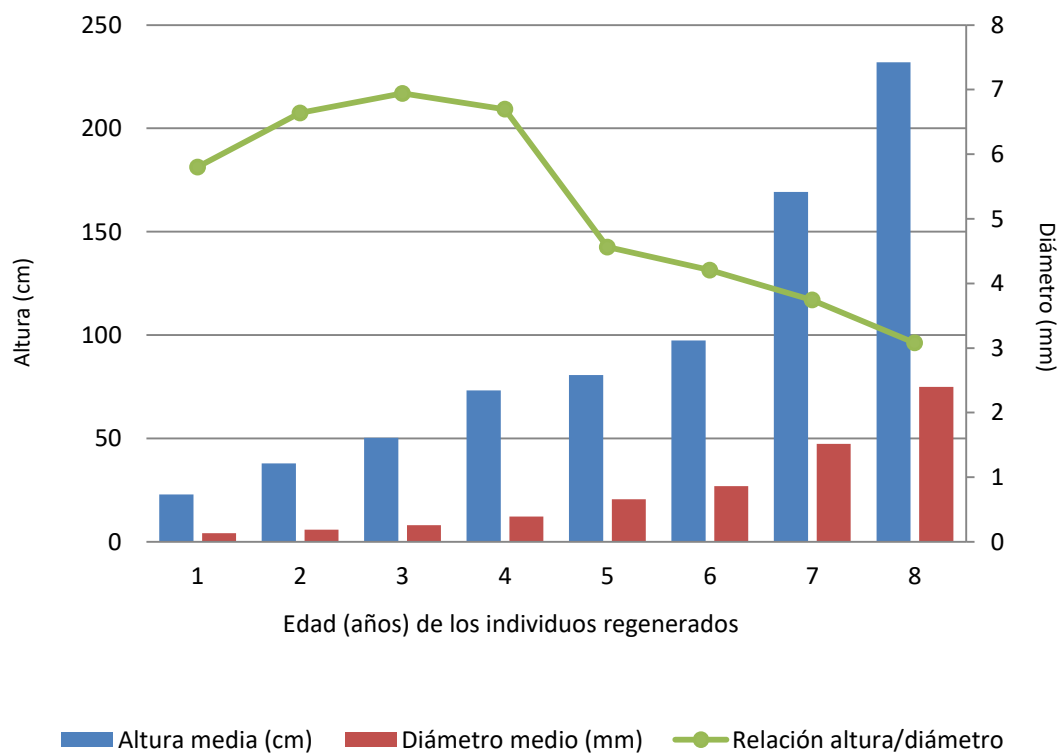


Figura 10. Altura media, diámetro basal medio y relación altura/diámetro según la edad de los pinos regenerados.

Distribución espacial de los individuos regenerados

Para conocer la distribución de los individuos regenerados de *P. pinaster* se hizo uso de la distribución de probabilidad de Poisson.

Los resultados obtenidos fueron:

- Media = 7,13
- Media (sin la parcela 30) = 5,45
- $S^2=107.22$
- S^2 (sin la parcela 30)= 22.82
- $I= 0,072$
- I (sin la parcela 30)= 0,34

Debido a que $I < 1$ la distribución es agregada en ambos casos.

Correlaciones entre variables

Tras realizar la prueba Kolmogorov-Smirnov se determinó que los datos no presentan una distribución normal, por lo que se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman entre las variables. Los resultados se muestran en la Tabla 8.

Rho de Spearman		Altura del pino	Diámetro basal	Edad
Altura del pino	Coeficiente de correlación	1,000	,838	,838
	Sig. (bilateral)	.	,000	,000
	N	214	214	214
Diámetro basal	Coeficiente de correlación	,838	1,000	,904
	Sig. (bilateral)	,000	.	,000
	N	214	214	214
Edad	Coeficiente de correlación	,838	,904	1,000
	Sig. (bilateral)	,000	,000	.
	N	214	214	214

Tabla 8. Prueba de coeficientes de correlación de Spearman. Individuos de pinos regenerados.

Los datos obtenidos son significativos en el nivel 0,01 para todas las correlaciones, existiendo una correlación positiva muy alta entre la altura de los pinos regenerados, su diámetro basal y su edad.

Diferencias entre la zona de la ladera

Zona de la ladera		Altura del pino	Diámetro basal	Edad	Densidad de individuos
Baja (N=15 parcelas)	Media	128,18	32,57	5,27	2.132 pinos/ha
	Desv. est.	99,501	29,052	2,096	
Alta (N=15 parcelas)	Media	78,04	20,06	4,36	3.572 pinos/ha
	Desv. est.	49,809	20,288	1,950	
Total (N=30 parcelas)	Media	95,38	24,39	4,68	2.853 pinos/ha
	Desv. est.	74,723	24,362	2,043	

Tabla 9. Diferencias de las medias según la zona de la ladera para variables referidas a los individuos regenerados.

En la Tabla 9 se presenta la media y desviación estándar de la altura, diámetro basal, edad y densidad de los individuos regenerados de *P. pinaster* según la zona de la ladera en la que se encuentren.

Para determinar si existen diferencias significativas entre ambas zonas para las variables mencionadas, se realizó la prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 10.

Diferencias entre Zona de la ladera – Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes		
Hipótesis nula	Sig.	Decisión
1 La distribución de Altura del pino es la misma entre las categorías de Zona de la ladera.	0,000	Rechace la hipótesis nula.
2 La distribución de Diámetro basal es la misma entre las categorías de Zona de la ladera.	0,000	Rechace la hipótesis nula.
3 La distribución de Edad es la misma entre las categorías de Zona de la ladera.	0,001	Rechace la hipótesis nula.

Tabla 10. Prueba U de Mann-Whitney para las variables referidas a *P. pinaster* según la zona de la ladera en la que se encuentran.

Se rechaza la hipótesis nula en los tres casos, ya que la significancia es menor de 0,05, por lo que existe una diferencia significativa en la altura, diámetro basal y edad de los pinos respecto a la zona de la ladera en la que se encuentren.

Diferencias entre orientaciones

Orientación		Altura del pino	Diámetro basal	Edad	Densidad de individuos
Solana (12 parcelas)	Media	124,25	34,67	5,57	3.166 pinos/ha
	Desv. est.	93,067	28,489	1,939	
Umbría (18 parcelas)	Media	72,32	16,18	3,97	2.644 pinos/ha
	Desv. est.	44,402	16,484	1,841	
Total	Media	95,38	24,39	4,68	2.853 pinos/ha
	Desv. est.	74,723	24,362	2,043	

Tabla 11. Diferencia en la media según la orientación de la parcela para las variables referidas a los pinos regenerados.

En la Tabla 11 se presenta la media y la desviación estándar de las variables referidas a la altura, diámetro basal y edad de cada pino según la orientación de la parcela en la que se encuentran. Para determinar si existe una diferencia significativa en dichas variables según su orientación, se realizó la prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes.

Se determinó que las diferencias entre solana y umbría son significativas para las tres variables (Tabla 12).

Diferencias entre orientaciones – Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes		
Hipótesis nula	Sig.	Decisión
1 La distribución de Altura del pino es la misma entre las categorías de Orientación.	0,000	Rechace la hipótesis nula.
2 La distribución de Diámetro basal es la misma entre las categorías de Orientación.	0,000	Rechace la hipótesis nula.
3 La distribución de Edad es la misma entre las categorías de Orientación.	0,000	Rechace la hipótesis nula.

Tabla 12. Prueba U de Mann-Whitney para las variables referidas a *P. pinaster* entre las distintas orientaciones.

Desarrollo de piñas

Desarrollo de piñas		Altura del pino	Diámetro basal	Edad
No (N=187 pinos)	Media	74,16	17,89	4,29
	Desv. est.	44,611	16,928	1,879
Si (N=27 pinos)	Media	242,33	69,39	7,33
	Desv. est.	76,414	20,139	,734
Total (N=214 pinos)	Media	95,38	24,39	4,68
	Desv. est.	74,723	24,362	2,043

Tabla 13. Diferencias entre la media de las variables sobre individuos regenerados según si desarrollan piñas o no.

Tras realizar la prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes con el objetivo de determinar si existen diferencias entre los individuos regenerados que desarrollan piñas y los que no, obtenemos los resultados presentados en la Tabla 14.

Diferencias entre Desarrollo de piñas – Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes			
	Hipótesis nula	Sig.	Decisión
1	La distribución de Altura del pino es la misma entre las categorías de Presencia de piñas.	0,000	Rechace la hipótesis nula.
2	La distribución de Diámetro basal es la misma entre las categorías de Presencia de piñas.	0,000	Rechace la hipótesis nula.
3	La distribución de Edad es la misma entre las categorías de Presencia de piñas.	0,000	Rechace la hipótesis nula.

Tabla 14. Prueba U de Mann-Whitney entre las variables referidas a *P. pinaster* según si desarrollan piñas o no.

Las diferencias son significativas para las tres variables.

3.3. Relaciones entre factores bióticos y abióticos

Tras realizar el Test de Shapiro-Wilk se determinó que los datos referidos a las parcelas no presentan una distribución normal, por lo que se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman entre las variables. Los resultados más significativos se muestran en la Tabla 15. Los datos se encuentran detallados en las Tablas 1, 2 y 3 del Anexo V.

Coeficientes de correlación Rho de Spearman	Nº de pinos	Altura media	Diámetro basal medio	Edad media	% Pinos	% Jaras	Altura jaras	% Encinas	Altura encinas	% Matorral	Pedregosidad
Nº de pinos	1,000	.221	-.019	.091	,822**	.043	-.067	-,601**	-,594**	-.217	.244
Altura media	.221	1,000	,704**	,490**	,590**	-.254	.187	-.185	-.189	-.269	.345
Diámetro basal	-.019	,704**	1,000	,645**	,421*	-,520**	-.263	-.147	-.183	-,535**	,578**
Edad media	.091	,490**	,645**	1,000	,392*	-.317	-.146	-.017	-.091	-.368	.310
% Pinos	,822**	,590**	,421*	,392*	1,000	-.242	-.123	-,573**	-,547**	-,452*	,467**
% Jaras	.043	-.254	-,520**	-.317	-.242	1,000	,451*	-.035	-.032	,820**	-,375*
Altura jaras	-.067	.187	-.263	-.146	-.123	,451*	1,000	.078	.103	,520**	-,469**
% Encinas	-,601**	-.185	-.147	-.017	-,573**	-.035	.078	1,000	,942**	.352	-,376*
Altura encinas	-,594**	-.189	-.183	-.091	-,547**	-.032	.103	,942**	1,000	,368*	-,378*
% Matorral	-.217	-.269	-,535**	-.368	-,452*	,820**	,520**	.352	,368*	1,000	-,537**
Pedregosidad	.244	.345	,578**	.310	,467**	-,375*	-,469**	-,376*	-,378*	-,537**	1,000

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).



 Correlación significativa negativa
 Correlación significativa positiva

Tabla 15. Rho de Spearman. Resumen de correlaciones entre variables generales.

Valor	Correlación
0,86-1	Muy alta
0,71-0,85	Alta
0,41-0,7	Moderada
0,21-0,4	Baja
0-0,2	Muy baja

Tabla 16. Criterios para interpretar los valores de la prueba de correlaciones.

En la Tabla 16 se presentan los criterios que se han seguido a la hora de interpretar los resultados obtenidos en las pruebas de correlación. Estos valores se han utilizado tanto para correlaciones positivas como para negativas, pero sólo en caso de significación de la correlación.

El número de pinos tiene una correlación moderada negativa con el porcentaje y altura de las encinas, por lo que la presencia y abundancia de éstas afecta negativamente a la aparición de nuevos individuos de *P. pinaster*. El número de pinos presenta además de una correlación moderada-baja positiva con la altitud.

La altura de los individuos de pino regenerados no se ve afectada significativamente por la competencia interespecífica, sin embargo, el diámetro basal presenta una correlación moderada negativa con el porcentaje de matorral, en especial con el porcentaje de jaras. Por otra parte, existe una correlación moderada positiva entre el diámetro basal y el porcentaje de suelo desnudo y la pedregosidad.

El porcentaje de individuos regenerados presenta una correlación positiva alta con el número de pinos y correlaciones moderadas positivas con la altura, diámetro basal y edad de los pinos regenerados, además de con el porcentaje de suelo desnudo y la pedregosidad. En cambio, se ve afectado por la presencia de matorral, en particular por las encinas (correlación moderada con el porcentaje y la altura de las mismas).

El porcentaje de jaras está relacionado con su altura, pues presentan una correlación positiva moderada. Por otra parte, la altura de las jaras decrece con la pedregosidad y el porcentaje de suelo desnudo (correlación moderada negativa).

El porcentaje y altura de las encinas, aparte de estar relacionados negativamente con la presencia de pinos, presentan una correlación moderada-baja negativa con la altitud y la pedregosidad.

El porcentaje de matorral presenta correlaciones moderadas negativas con el diámetro y la edad de los pinos regenerados, así como con el porcentaje de los mismos. A su vez, presenta una correlación negativa moderada con la altitud y la pedregosidad y una correlación negativa alta con el porcentaje de suelo desnudo.

El porcentaje de jaras afecta directamente a la presencia de herbáceas, pues la correlación con el porcentaje y altura de las herbáceas es negativa moderada. Además, la altura de las herbáceas muestra una tendencia negativa moderada-baja en relación a la pendiente, aunque su significancia es algo mayor de 0,05.

El porcentaje de suelo desnudo y la pedregosidad, las cuales están estrechamente relacionadas, presentan correlaciones moderadas positivas con el diámetro basal, el porcentaje de pinos y la altitud, y correlaciones moderadas negativas con el porcentaje de jaras, su altura y el porcentaje de matorral.

El porcentaje de madera muerta en el suelo no tiene más correlaciones significativas que con el porcentaje de suelo desnudo.

El número de tocones decrece con la pendiente y no tiene correlaciones significativas con el resto de variables.

La distancia al semillero más cercano presenta una correlación positiva moderada-baja con el porcentaje de matorral y otra moderada negativa con la altitud. Además, pese a que su significancia no sea inferior a 0,05, se aprecia una tendencia positiva con el porcentaje y la altura de las encinas, debido seguramente a la poca presencia de pinos adultos en las zonas en las que las encinas son más frecuentes. A su vez, la distancia con el semillero más cercano presenta una pequeña tendencia negativa con la edad de los pinos regenerados.

La altitud está relacionada positivamente con el número de pinos y el porcentaje de suelo desnudo, y negativamente con la pendiente, la distancia al semillero más cercano, el porcentaje de matorral, el porcentaje y altura de las encinas y con la altura de las jaras.

Diferencias según la zona de la ladera

En la Tabla 17 se presentan las medias de las distintas variables en relación a la zona de la ladera en la que se encuentran. Las variables referidas a la altura, edad y diámetro basal de los pinos en relación a la zona de la ladera ya han sido tratadas en el apartado 3.2. “Caracterización de los individuos regenerados de *P. pinaster*”, por lo que no se incluirán en las siguientes tablas como valores medios.

Zona de la ladera						
Variables	Alta (N=15 parcelas)		Baja (N=15 parcelas)		Total (N=30 parcelas)	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
Nº de pinos/parcela	8,93	13,7	5,33	5,21	7,13	10,3
% Pinos	9,86	6,93	11,06	15,1	10,46	11,5
% Jaras	49,53	28,8	56,40	30,3	52,96	29,3
Altura jaras	64,13	20,2	89,20	29,2	76,66	27,8
% Encinas	3,40	5,79	5,06	8,16	4,23	7,0
Altura encinas	19,53	30,5	52,60	63,9	36,06	52,0
% Matorral	57,60	31,9	70,40	27,5	64,00	30,0
Altura matorral	136,02	223,8	72,63	60,8	104,33	164,3
% Herbáceas	6,80	7,78	12,73	16,8	9,76	13,2
Altura herbáceas	11,86	18,8	21,33	15,2	16,60	17,5
% Suelo desnudo	31,00	21,6	17,00	11,7	24,00	18,5
% Madera	4,33	9,42	7,00	10,3	5,66	9,80
Nº de tocones	2,73	1,94	3,33	2,46	3,03	2,20
Distancia al semillero más cercano	220,67	209,7	324,67	223,2	272,66	219,2
Altitud	1.223	24,9	1.211	29,2	1.217	27,3
Pendiente	22,00	11,1	17,46	12,3	19,73	11,7
Pedregosidad	66,00	29,7	52,66	24,0	59,33	27,4

Tabla 17. Diferencias entre la media de las variables generales según la zona de la ladera.

Para determinar si existen diferencias entre las variables generales según la zona de la ladera en la que se ubica la parcela, se hizo uso de la prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 18.

Diferencias entre Zona de la ladera – Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes			
	Hipótesis nula	Sig.	Decisión
1	La distribución de N° de pinos es la misma entre las categorías de Zona de la ladera.	0,461	Conserve la hipótesis nula.
2	La distribución de % Pinos es la misma entre las categorías de Zona de la ladera.	0,367	Conserve la hipótesis nula.
3	La distribución de % Jaras es la misma entre las categorías de Zona de la ladera.	0,512	Conserve la hipótesis nula.
4	La distribución de Altura jaras es la misma entre las categorías de Zona de la ladera.	0,013	Rechace la hipótesis nula.
5	La distribución de % Encinas es la misma entre las categorías de Zona de la ladera.	0,683	Conserve la hipótesis nula.
6	La distribución de Altura encinas es la misma entre las categorías de Zona de la ladera.	0,305	Conserve la hipótesis nula.
7	La distribución de % Matorral es la misma entre las categorías de Zona de la ladera.	0,233	Conserve la hipótesis nula.
8	La distribución de Altura matorral es la misma entre las categorías de Zona de la ladera.	0,436	Conserve la hipótesis nula.
9	La distribución de % Herbáceas es la misma entre las categorías de Zona de la ladera.	0,233	Conserve la hipótesis nula.
10	La distribución de Altura herbáceas es la misma entre las categorías de Zona de la ladera.	0,041	Rechace la hipótesis nula.
11	La distribución de % Suelo desnudo es la misma entre las categorías de Zona de la ladera.	0,061	Conserve la hipótesis nula.
12	La distribución de % Madera es la misma entre las categorías de Zona de la ladera.	0,436	Conserve la hipótesis nula.

13	La distribución de Nº de tocones es la misma entre las categorías de Zona de la ladera.	0,461	Conserve la hipótesis nula.
14	La distribución de Distancia al semillero más cercano es la misma entre las categorías de Zona de la ladera.	0,305	Conserve la hipótesis nula.
15	La distribución de Altitud es la misma entre las categorías de Zona de la ladera.	0,233	Conserve la hipótesis nula.
16	La distribución de Pendiente es la misma entre las categorías de Zona de la ladera.	0,267	Conserve la hipótesis nula.
17	La distribución de Pedregosidad es la misma entre las categorías de Zona de la ladera.	0,233	Conserve la hipótesis nula.

Tabla 18. Prueba U de Mann-Whitney para las variables de las parcelas según su zona de la ladera.

Las únicas diferencias significativas entre la zona alta y baja de la ladera las encontramos en la altura de las jaras y de las herbáceas, que presentan mayores valores en las zonas bajas.

Diferencia entre orientaciones

Las variables referidas a la altura, edad y diámetro basal de los pinos en relación a la orientación ya han sido tratadas en el apartado 3.2. “Caracterización de los individuos regenerados de *P. pinaster*”, por lo que no se incluirán en las siguientes tablas como valores medios.

En la Tabla 19 se presentan los valores medios y la desviación estándar de cada variable referida a las parcelas según la orientación de las mismas.

Variables	Orientación					
	N-E: Umbría (N=18)		S-W: Solana (N=12)		Total (N=30)	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
Nº de pinos/parcela	6,61	12,8	7,92	5,29	7,13	10,3
% Pinos	6,27	7,18	16,7	14,17	10,4	11,5
% Jaras	60,44	29,17	41,7	26,85	52,9	29,3
Altura jaras	83,44	29,9	66,5	21,6	76,6	27,8
% Encinas	5,50	7,97	2,33	4,9	4,23	7,0
Altura encinas	50,0	56,78	15,17	36,9	36,06	52,04
% Matorral	75,9	28,13	46,08	23,79	64,0	30,0
Altura matorral	128,1	193,1	68,57	106,1	104,3	164,3
% Herbáceas	9,27	8,84	10,5	18,4	9,76	13,2
Altura herbáceas	18,78	20,6	13,33	11,5	16,6	17,53
% Suelo desnudo	16,39	16,78	35,4	15,2	24,0	18,54
% Madera	8,89	11,44	,83	2,88	5,67	9,8
Nº de tocones	2,56	1,97	3,75	2,41	3,03	2,2
Distancia al semillero más cercano	332,8	217,8	182,5	196,6	272,6	219,3
Altitud	1206	27,6	1233	18,2	1217	27,4
Pendiente	21,22	12,4	17,5	10,7	19,7	11,8
Pedregosidad	48,8	23,7	75,0	25,7	59,3	27,4

Tabla 19. Diferencia de la media de las variables generales según la orientación de la parcela.

Se realizó la prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes con objetivo de determinar si existen diferencias significativas entre orientaciones para las variables generales. Los resultados de la prueba se reflejan en la Tabla 20.

Diferencias entre Orientación – Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes			
	Hipótesis nula	Sig.	Decisión
1	La distribución de Nº de pinos es la misma entre las categorías de Orientación.	0,053	Conserve la hipótesis nula.
2	La distribución de % Pinos es la misma entre las categorías de Orientación.	0,008	Rechace la hipótesis nula.
3	La distribución de % Jaras es la misma entre las categorías de Orientación.	0,095	Conserve la hipótesis nula.
4	La distribución de Altura jaras es la misma entre las categorías de Orientación.	0,104	Conserve la hipótesis nula.
5	La distribución de % Encinas es la misma entre las categorías de Orientación.	0,172	Conserve la hipótesis nula.
6	La distribución de Altura encinas es la misma entre las categorías de Orientación.	0,113	Conserve la hipótesis nula.
7	La distribución de % Matorral es la misma entre las categorías de Orientación.	0,002	Rechace la hipótesis nula.
8	La distribución de Altura matorral es la misma entre las categorías de Orientación.	0,249	Conserve la hipótesis nula.
9	La distribución de % Herbáceas es la misma entre las categorías de Orientación.	0,632	Conserve la hipótesis nula.
10	La distribución de Altura herbáceas es la misma entre las categorías de Orientación.	0,851	Conserve la hipótesis nula.
11	La distribución de % Suelo desnudo es la misma entre las categorías de Orientación.	0,002	Rechace la hipótesis nula.
12	La distribución de % Madera es la misma entre las categorías de Orientación.	0,079	Conserve la hipótesis nula.
13	La distribución de Nº de tocones es la misma entre las categorías de Orientación.	0,113	Conserve la hipótesis nula.
14	La distribución de Distancia al semillero más cercano es la misma entre las categorías de Orientación.	0,134	Conserve la hipótesis nula.

15	La distribución de Altitud es la misma entre las categorías de Orientación.	0,007	Rechace la hipótesis nula.
16	La distribución de Pendiente es la misma entre las categorías de Orientación.	0,368	Conserve la hipótesis nula.
17	La distribución de Pedregosidad es la misma entre las categorías de Orientación.	0,013	Rechace la hipótesis nula.

Tabla 20. Prueba U de Mann-Whitney para las variables de las parcelas según la orientación de las mismas.

Existen diferencias significativas entre orientaciones en las variables referidas al porcentaje de pinos, de matorral, de suelo desnudo, la altitud y la pedregosidad.

La cobertura de pinos es mayor en las laderas de solana, ocupando en éstas un 16,7% de la superficie frente al 6,3% en las de umbría. En cuanto a la superficie ocupada por matorral, ocurre lo contrario, ésta es mayor en las laderas de umbría (75,9% de media) que en las de solana (46,1%).

La superficie ocupada por suelo desnudo, del mismo modo que la pedregosidad, es mucho mayor en las laderas de solana que en las de umbría.

Pese a no ser significativas, se aprecia una tendencia entre la orientación y el número de pinos y el porcentaje de las jaras.

4. Discusión

La regeneración natural es el proceso que asegura el desarrollo sucesivo de generaciones de plantas en un ecosistema. Es un proceso complejo determinado por la influencia de múltiples factores, así como por las características ecológicas y demográficas de cada especie, la historia de sucesos estocásticos y las perturbaciones de las zonas donde éstas habitan (Paluch, 2005; Rodríguez y Bravo, 2013).

El área de estudio presenta una regeneración de *P. pinaster* espacialmente heterogénea debida al efecto de los diferentes factores bióticos y abióticos.

La distribución de los pinos regenerados es agregada. Se determinó su distribución espacial teniendo en cuenta la parcela número 30 y sin contarla (debido a su alto número de individuos regenerados) y en ambas ocasiones el resultado señaló que se trataba de una distribución agregada. Esto es debido a la heterogeneidad del área de estudio, pues factores en los que se ha determinado una fuerte relación con la regeneración del *P. pinaster* como la pedregosidad o la abundancia de especies que supongan una competencia directa para los pinos, son muy variables, por lo que la regeneración tenderá a ser mayor en las zonas más propicias.

La densidad de pinos regenerados en el área de estudio es de 2.853 pinos/ha, por lo que se considera adecuada (Tabla 21), con una predominancia de individuos en estado juvenil.

Debido a la distribución espacial agregada de los individuos regenerados, la densidad varía según la zona estudiada y sus características. En la parte alta de las laderas la densidad media es de 3.572 pinos/ha y en las bajas de 2.132 pinos/ha, mientras que en las laderas de solana es de 3.166 pinos/ha y en las de umbría de 2.644 pinos/ha.

De las 30 parcelas muestreadas, 15 parcelas (3 de ellas sin regeneración) presentaron una densidad de 2000 pinos/ha o menos. Según la Tabla 21 esta regeneración sería escasa.

Por otra parte, 4 parcelas presentaron una densidad superior a 5000 pinos/ha, densidad considerada como excesiva. Entre ellas destaca la parcela nº30 con una densidad de regenerados de 22.400 pinos por hectárea, densidad que podría suponer una fuerte competencia intraespecífica.

En la Tabla 21 se presenta una relación entre el estado de la regeneración y la densidad y la altura de los individuos regenerados (Rodríguez *et al.*, 2011).

Densidad (Pies/ha)	Abundancia	Altura (cm)	Estado
0	Ausente		Sin regeneración
1-2000	Escasa	0-30	Plántula
		31-130	Juvenil
		>130	Árbol
2001-5000	Deseable	0-30	Plántula
		31-130	Juvenil
		>130	Árbol
>5000	Excesiva	0-30	Plántula
		31-130	Juvenil
		>130	Árbol

Tabla 21. Estados de desarrollo de la regeneración establecidos para describir la regeneración natural de *P. pinaster* en función de la densidad media de plantas viables y la altura media por parcela (Rodríguez, Gratzler, y Bravo, 2011).

El ensamblaje de las especies en una comunidad depende de tres grandes grupos de factores: la disponibilidad de semillas, los factores abióticos y las interacciones entre organismos (Bochet *et al.*, 2011). Respecto al primero de ellos, la disponibilidad de semillas, se consideraron las opciones de que proviniesen del banco de semillas edáfico, de las semillas liberadas durante el incendio (banco aéreo) y/o de pinos semilleros que quedaron sin quemar.

El pino negral o resinero es una especie considerada como germinadora obligada, por lo que sólo se regenera a través de sus propágulos (semillas) que se encuentran dentro de los estróbilos (piñas). Las semillas aladas son diseminadas por gravedad a una distancia generalmente pequeña del árbol madre que no suele superar los 300 metros y en la mayoría de los casos es menor de 50 metros (Madrigal *et al.*, 2011).

Se han llegado a describir piñas serótinas de 40 años con piñones viables (Madrigal *et al.*, 2011), por lo que piñones anteriores al incendio todavía serían viables si no se han calcinado.

El fuego facilita la abertura de los conos de las especies del género *Pinus* a partir de 100°C aproximadamente, dependiendo del tiempo de exposición. Los conos proporcionan protección frente al fuego de forma que las semillas que se encuentran en su interior pueden soportar temperaturas de hasta 200°C, variando según la

especie y el tiempo de exposición. Sin embargo, la germinación de las semillas sin la protección del cono (una situación similar a la que se da en el suelo después de que se produzca su dispersión) disminuye con temperaturas elevadas (a partir de 70°C, aproximadamente). La regeneración post-incendio de los pinos depende principalmente del banco de semillas almacenado en las copas (banco aéreo) (Lloret, 2004).

Las piñas pueden mantenerse cerradas durante varios años a la espera del paso del fuego (Daskalakou y Thanos, 1996). Durante el incendio, las semillas de las piñas serótinas permanecen protegidas dentro de los conos, si bien a las 24 o 48 horas después del paso del fuego las piñas se abren y las semillas caen al suelo (Tapias *et al.*, 2001) encontrando un lecho de nutrientes y falta de competencia que favorece su germinación. Tras la brusca apertura de las piñas al paso del fuego, las semillas se van diseminando en un período de unos 90-180 días (Vega *et al.*, 2010; Madrigal *et al.*, 2011).

En el éxito de las especies germinadoras, la dinámica del banco de semillas juega un papel muy importante. La densidad de semillas almacenadas en el suelo condiciona en gran medida el éxito en la germinación post-incendio, como se ha demostrado en *P. pinaster* (Ferrandis *et al.*, 1996; Lloret, 2004).

Nuestros resultados indican que hay una correlación negativa-baja entre la distancia al semillero más cercano y la edad del pino, lo que indicaría un cierto papel de los pinos supervivientes al incendio en la regeneración que se está produciendo. Con el resto de variables no se han encontrado correlaciones significativas, por lo que el efecto de las manchas remanentes sería modesto.

Los ecotipos con serotinia suelen llevar asociado el carácter de la floración precoz, que, para *P. pinaster* puede comenzar a los 4 años y más frecuentemente entre los 6 y los 8 años (Madrigal *et al.*, 2011). En el presente estudio se han descrito individuos que desarrollaban piñas a partir de los 6 años, siendo escasos a esta edad (el 12% de los individuos con 6 años desarrolla piñas), algo frecuentes a los 7 (31%) y abundantes a los 8 años, pues algo más del 70% de los individuos regenerados de 8 años desarrolla piñas. Debido a que a partir de los seis años los pinos regenerados están empezando a desarrollar piñas, la regeneración del pinar puede tener continuidad en el tiempo.

En cuanto a los factores abióticos que condicionan el desarrollo de los individuos regenerados, el más importante a nivel regional suele ser la precipitación

(Rodríguez y Bravo, 2013), por lo que la regeneración de *P. pinaster* podría estar limitada temporalmente en condiciones de sequía intensa o en ambientes xéricos, por lo que la precipitación en otoño (relacionado con la formación de la semilla) y primavera (relacionado con la germinación), las principales estaciones de lluvia en los climas mediterráneos, son los factores principales que disparan o desencadenan la regeneración natural. Sin embargo, la precipitación durante invierno y verano podrían también afectar positivamente a la regeneración forestal, sobre todo en las masas del Maestrazgo y de la Meseta Castellana (Ruano *et al.*, 2009).

El *Pinus pinaster* requiere una precipitación media anual mayor de 300 mm y una cantidad de agua superior a los 77 mm en el periodo de mayo a septiembre. En cuanto a las temperaturas, necesita una temperatura media entre los 0 y los 12°C, en invierno, mientras que en el verano la temperatura debe rondar entre los 15 y 26°C (IDAE, 2011). Ambos factores no son limitantes en el área de estudio, pues se cumplen dichos requisitos.

En general, se considera que *P. pinaster* tiene un marcado temperamento heliófilo (Rodríguez y Madrigal, 2008). En el presente estudio se ha determinado que existe una estrecha relación entre la orientación de la ladera y el desarrollo de los pinos. Las laderas de solana presentaron individuos regenerados de mayor altura y diámetro basal, lo que supuso una mayor cobertura ocupada por éstos. Por otra parte, la edad media de los individuos ubicados en laderas de solana es mayor que la de los de umbría, lo que sugiere que también favorece al proceso de germinación debido a que se establecieron con antelación.

Además de la influencia de la precipitación y la insolación, en otros trabajos se observaron relaciones significativas entre la regeneración natural y otros factores de sitio relacionados con las propiedades edáficas, tales como el porcentaje de elementos gruesos en el suelo, el contenido de arena y materia orgánica en el suelo, así como la influencia de propiedades químicas como el pH del suelo y contenido en nutrientes (Rodríguez y Bravo, 2013).

En este estudio no se ha realizado un análisis exhaustivo del suelo, aunque se han estimado, de manera visual, variables como el porcentaje de suelo desnudo o la pedregosidad. Ambas variables están estrechamente relacionadas entre ellas y afectan, de manera positiva, al desarrollo de los individuos de *P. pinaster*, pues el aumento de ellas supone un incremento considerable del diámetro basal de los pinos y de su cobertura. Esta relación puede deberse a que limitan la competencia interespecífica de los individuos regenerados con especies en estado arbustivo, pues

la cobertura del matorral y la altura de las jaras y encinas decrecen con el incremento de la pedregosidad y el suelo desnudo.

La pedregosidad, a su vez, favorece la disponibilidad de agua evitando pérdidas por evaporación y facilitando la infiltración, y pudo actuar como protección frente al fuego para ciertas zonas del banco de semillas edáfico.

Es esperable que la disponibilidad de nutrientes y agua en el suelo sea mayor en las zonas bajas de las laderas. Tras realizar la prueba U de Mann-Whitney se comprobó que la altura y el diámetro basal de los pinos regenerados era mayor en las zonas bajas (importadoras) de las laderas que en las altas (exportadoras).

En general, las zonas altas presentan un mayor número de pinos, siendo éstos más jóvenes, de menor tamaño y con un diámetro basal inferior que el de los pinos de las zonas bajas de las laderas.

P. pinaster puede presentar una alta densidad de plántulas a los dos años siguientes después del incendio, sin embargo, la regeneración no siempre es buena (Lloret, 2004), ya que dependerá de la calidad de la estación en términos de disponibilidad hídrica y nutrientes (Spanos *et al.*, 2000). El establecimiento de nuevas plántulas también se ve comprometido por el incremento de la competencia conforme la vegetación crece y cubre los espacios (Martínez-Sánchez *et al.*, 1996).

Respecto a los factores bióticos que afectan a la regeneración natural de los pinos, uno de los más importantes es la interacción de los individuos regenerados de *P. pinaster* con especies en estado arbustivo. En el área de estudio destaca la abundancia de *C. laurifolius* y *C. populifolius*, las cuales han sido englobadas dentro de las variables referidas a los jarales.

Las jaras son incapaces de rebrotar tras la destrucción de su parte aérea, siendo su reproducción, exclusivamente, mediante semillas. Por ello, el mantenimiento de sus poblaciones se basa en alcanzar rápidamente el periodo reproductivo (unos tres años) y en una elevada producción de semillas por planta. Después de un incendio, sus semillas germinan de forma masiva, gracias a las características físicas de sus semillas y al comportamiento germinativo. Estas características (pequeño tamaño, pocas reservas nutritivas, ausencia de mecanismos de dispersión y con cubierta dura e impermeable al agua) son factores que permiten acumular un banco de semillas de grandes dimensiones, óptimo para germinar en zonas desprovistas de vegetación. Teniendo en cuenta además la latencia física, producida por la impermeabilidad de la testa, la acción de las temperaturas moderadamente elevadas

(80-150 °C) que se generan en el suelo durante los incendios forestales se presenta como uno de los factores más relevantes en la inducción de salida de latencia de las semillas de *Cistus* (Herrero *et al.*, 2005).

En el área de estudio, la jara prosperó con fuerza durante el verano de 2010 y pudo actuar como una temprana competencia con los pinos que empezaban a germinar. Las jaras demostraron una gran resiliencia mediante su presencia en el banco de semillas del suelo, pues de ser prácticamente inexistentes salvo en los bordes de la masa o en las calles de la línea eléctrica, pasaron a dominar los espacios liberados por el pinar quemado (Contratas Ancar, 2013).

Tras realizar la prueba de coeficientes de correlación de Spearman se determinó que existe una relación negativa moderada entre el porcentaje de cobertura ocupado por las jaras y otras especies en estado arbustivo con el diámetro basal de los pinos regenerados, por lo que puede existir una competencia interespecífica que limite el desarrollo de los pinos. La altura de los mismos no se ve afectada significativamente por esta competencia.

En otros estudios focalizados en el establecimiento y crecimiento de *P. pinaster* los resultados indicaron que existe una interacción positiva y negativa de forma simultánea con la presencia y abundancia de jaras (Rodríguez *et al.*, 2011).

En condiciones de dosel abierto, el efecto neto del matorral en el crecimiento relativo en volumen de individuos regenerados fue negativo con independencia del tamaño de la planta, incrementando la intensidad con el tamaño relativo de la misma. El dosel abierto ocasiona unas condiciones óptimas de luz para el crecimiento de *P. pinaster*, por lo que se podría esperar una competencia con el matorral como interacción final (Liancourt *et al.*, 2005).

Por el contrario, la facilitación en condiciones de dosel cerrado en el caso de las plantas juveniles sumergidas de menor tamaño, las cuales son menos tolerantes de estrés debido a su pequeño tamaño, podría estar relacionada con una mejora en las condiciones de humedad, probablemente debida a una reducción de la temperatura del suelo y el incremento de la humedad relativa bajo la sombra del matorral, resultando en una interacción positiva (Holmgren *et al.*, 1997).

En experiencias llevadas a cabo en masas jóvenes de regenerado post-incendio de *P. pinaster* en Guadalajara se muestra que el efecto de claros intensos a edades tempranas (5 años) dosifica la competencia. Se mejora con ello la eficiencia en el uso del agua respecto a la masa testigo sin intervenir e incrementa el crecimiento

diametral (Jiménez, 2007), por lo que podría ser una opción de cara a mejorar el desarrollo de los pinos en las zonas con una densidad elevada.

La jara no es el único matorral que afecta significativamente a la regeneración de los pinos, pues el número de individuos regenerados de *P. pinaster* se ve limitado por la presencia de encinas, siendo de mayor relevancia en la parte más suroriental del área de estudio. Dicha zona es colindante de un encinar adulto y no son visibles las fuentes semilleras más cercanas. Durante el muestreo de campo se localizaron varios tocones en la zona, lo que indica que antes del incendio había pinos.

Los lugares más afectados por el fuego pueden ser ventajosos para la regeneración post-incendio, ya que en ellos puede inicialmente demorarse la reinvasión del resto de la vegetación y limitarse así la competencia a los brinzales de pino (Ferrandis *et al.*, 1997; Vega, 2003).

Tras ver cómo afectan los diferentes filtros ecológicos (disponibilidad de semillas, factores abióticos y factores bióticos) a la regeneración natural del *P. pinaster* en el área de estudio, se cree que las semillas que originaron la regeneración provienen en su mayoría de los árboles quemados durante el incendio y del banco de semillas del suelo. Dichas semillas germinaron en un ambiente en el que pronto encontraron una importante competencia interespecífica, pues la colonización de las jaras fue muy rápida. La abundancia de éstas supone un menor diámetro basal en los individuos regenerados. Además, en la parte más suroriental de la zona de estudio la presencia de encinas regeneradas es más importante que la de *P. pinaster*.

Por otra parte, la pedregosidad ha resultado ser uno de los factores abióticos que más favorecen a la regeneración de los pinos, pues limita el crecimiento de especies en estado arbustivo que pueden ocasionar una competencia y crean un micrositio favorable para el desarrollo de los mismos.

También se ha observado que las zonas bajas de las laderas (importadoras) y las laderas de solana favorecen la regeneración de *P. pinaster*.

5. Conclusiones

- La densidad de individuos regenerados de *P. pinaster* en el área de estudio es de 2853 pinos/ha. Se considera óptima.
- El porcentaje de cobertura ocupada por *P. pinaster* es del 10,47%.
- El banco edáfico y el aéreo parecen haber sido la principal fuente de semillas para la regeneración hasta el momento presente. Los pies sobrevivientes al incendio parece que también han contribuido a la regeneración, aunque de manera limitada. Dado que a los seis años los pinos regenerados desarrollan piñas, la regeneración del pinar puede tener continuidad en el tiempo.
- Los factores abióticos que más impacto tienen en la regeneración son:
 - Pedregosidad: Limita el crecimiento de especies que puedan suponer una competencia para el pino y crea un ambiente favorable para el desarrollo del mismo.
 - Orientación de la ladera: El *P. pinaster* se desarrolla mejor en laderas de solana que en umbría.
 - Disponibilidad de agua y nutrientes: Las zonas bajas de las laderas, importadoras de agua y nutrientes, favorecen el desarrollo de los individuos regenerados.
- Los factores bióticos más relevantes en la regeneración natural del *P. pinaster* son:
 - Cobertura y altura del matorral: Limita el desarrollo de los individuos regenerados, los cuales presentan un menor diámetro basal ante el aumento de la cobertura o altura del matorral, en especial jaras y encinas en estado arbustivo.
- No se ha apreciado una competencia intraespecífica importante entre los regenerados de *P. pinaster* debido a la óptima densidad de regenerados en el área de estudio. No obstante, la parcela nº30 presenta una densidad de pinos excesiva que podría suponer una fuerte competencia intraespecífica para el desarrollo de los individuos.

6. Recomendaciones prácticas

- La regeneración que se observa en el área de estudio está dentro de las magnitudes que se han medido en otros lugares y se considera adecuada. Sería conveniente realizar un seguimiento de la evolución de la comunidad, en particular el efecto de las jaras sobre el desarrollo de los pinos por si hubiera que actuar para reducir la competencia.
- Para determinar de forma más precisa la distribución de los individuos, en futuros trabajos se debería dividir la parcela en cuatro cuadrantes como en (Bravo y Rodriguez, 2005) y contar el número de pinos regenerados en cada uno de ellos. De esta manera obtendremos una mejor precisión debido al mayor número de mediciones.

7. Bibliografía

Arévalo, J., & Fernández-Palacios, J. (2008). Natural Regeneration of *Pinus canariensis* Chr. Sm. Ex DC in Buch in Forest Plantations After Thinning. En J. Rhodes, *The Open Forest Science Journal*, Vol. 1 (págs. 54-60). Tenerife.

Bochet, E., Peco, B., Tormo, J., & García, P. (2011). Procesos ecológicos y restauración de la cubierta vegetal. En F. Valladares, L. Balaguer, I. Mola, A. Escudero, & V. Alfaya, *Restauración ecológica de áreas afectadas por infraestructuras de transporte* (págs. 101-141).

Bravo, F., & Rodríguez, E. (2005). Protocolo para la obtención de datos. En *Regeneración natural y primer desarrollo de rodales forestales en el centro de España*. Palencia.

Buesa, A. (2003). Regeneración de Pino Radiata en el monte de U.P. nº147 "Posadero". En *Latindex, Revista Montes*, Nº 73 (págs. 69-76). Madrid.

Calvo, L., Santalla, S., Valbuena, L., Marcos, E., Tárrega, R., & Estanislao, L. (2008). Post-fire natural regeneration of a *Pinus pinaster* forest in NW Spain. *Plant Ecology*, Vol. 197, 81-90,

Canerot, J., Crespo, A., & Navarro, D. (1976). Mapa Geológico de España. MAGNA 50 - Hoja 518. IGN.

Canga, E., Rodríguez, R., & Vega, G. (2003). Estudio de la regeneración natural de "*Pinus pinaster* ait. ssp. Atlántica" en el Noroeste de España. En S. E. Forestales, *Cuadernos De La Sociedad Española De Ciencias Forestales*, Vol. 15 (págs. 101-106). Lugo.

Castro, J., Bento, J., & Rego, F. (1989). Regeneration of *pinus pinaster* forests after wildfire. En T. H. Academic Publishing bv, *Fire in Ecosystem Dynamics* (págs. 71-75). Vila Real.

Cerdá, A., Mataix, J., Bodí, M., Arcenegui, V., & Jordán, A. (2009). Efectos de los incendios forestales sobre los suelos de España. Valencia.

Christopoulou, A., Fyllas, N., Andriopoulos, P., Koutsias, N., Dimitrakopoulos, P., & Arianoutsou, M. (2014). Post-fire regeneration patterns of *Pinus nigra* in a recently burned area in Mount Taygetos, Southern Greece: The role of unburned forest patches. En Elsevier, *Forest Ecology and Management*, Vol. 327 (págs. 148-156).

Connel, J., & Slatyer, R. (1977). Mechanisms of Succession in Natural Communities and Their Role in Community Stability and Organization. *The American Naturalist*, Vol. 111, No. 982, 1119-1144.

Contratas Ancar. (2013). Plan Director "Plantando Agua: Construyendo los montes del siglo XXI para un nuevo escenario de cambio climático y de cambios sociales en la comarca de las Cuencas Mineras (Teruel)". Teruel.

Cruz, M. (2009). Efecto de los incendios forestales sobre la diversidad y estructura de la comunidad de avispas spheciformes, en el Parque Natural de Arribes del Duero (oeste español). Salamanca.

Daskalidou, E., & Thanos, C. (1996). Aleppo pine (*Pinus halepensis*) postfire regeneration: the role of canopy and soil seed banks. *International Journal of Wildland Fire*, 6(2), 59-66.

Fernandes, P., Antunes, C., Pinho, P., Máguas, C., & Correia, C. (2016). Natural regeneration of *Pinus pinaster* and *Eucalyptus globulus* from plantation into adjacent natural habitats. *Forest Ecology and Management*, Vol. 378, 91-102.

Ferrandis, P., Herranz, J., & Martínez-Sánchez, J. (1996). The role of soil seed bank in the early stages of plant recovery after fire in a *Pinus pinaster* forest in SE Spain. *Wildland Fire*(6), 31-35.

Ferrandis, P., Tendero, J., & Herranz, J. (1997). Efecto de un fuego experimental sobre el banco de semillas edáfico en un pinar de *Pinus halepensis* Miller. *Actas del I Congreso Forestal Hispano-Luso y II Congreso Forestal Español IRATI-97*, V, 173-177.

González-Martínez, S., & 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*, Vol. 58, Nº3, 277-288.

Guzmán, J., Navarro, R., & Contreras, I. (2005). Efecto de la retirada de madera sobre la regeneración de pino resinero (*Pinus pinaster*) tras un incendio en la Sierra de Cazorla. *Congresos forestales*.

Herrero, C., Bravo, F., & San Martín, R. (2005). Efecto del fuego en la germinación de *Cistus Laurifolius*.

Holmgren, M., Scheffer, M., & Huston, M. (1997). The interplay of facilitation and competition in plant communities. *Ecology* 78, 1966-1975.

IAEST. (2017). Estadística Local de Aragón. Ficha territorial: Zoma (La).

IDEA. (2011). Evaluación del potencial de energía de la biomasa. Estudio técnico PER 2011-2020. Madrid.

Jiménez, E. (2007). Tratamientos selvícolas tempranos de apoyo a la regeneración natural de *Pinus pinaster* después de incendio forestal: efecto de la ecofisiología y crecimiento del arbolado.

Keddy, P. (1992). Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. *Journal of Vegetation Science* 3, 157-164.

Liancourt, P., Callaway, R., & Michalet, R. (2005). Stress tolerance and competitive-response ability determine the outcome of biotic interactions. *Ecology* 86, 1611-1618.

Lloret, F. (2004). Régimen de incendios y regeneración. En F. Vallarades, *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante* (págs. 101-126). Madrid.

Madrigal, J., Hernando, C., & Guijarro, M. (2011). El papel de la regeneración natural en la restauración tras grandes incendios forestales: el caso del pino negral. *Boletín del CIDEU* 10. 5-22.

Madrigal, J., Hernando, C., Martínez, E., Guijarro, M., & Díez, C. (2005). Regeneración post-incendio de *Pinus pinaster* Ait. en la Sierra de Guadarrama (Sistema Central, España): modelos descriptivos de los factores influyentes en la densidad inicial y la supervivencia. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, Vol. 14, N°1, 36-51,

Maia, P., Pausas, J., Vasques, A., & Keizer, J. (2012). Fire severity as a key factor in post-fire regeneration of *Pinus pinaster* (Ait.) in Central Portugal. *Annals of Forest Science*, Vol. 69, 489-498.

Martínez-Sánchez, J., Ferrandis, P., de las Heras, J., & Herranz, J. (1999). Effect of burnt wood removal on the natural regeneration of *Pinus halepensis* after fire in a pine forest in Tus valley (SE Spain). *Forest Ecology and Management*, Vol. 123, 1-10,

Martínez-Sánchez, J., Herranz, J., Guerra, J., & Trabaud, L. (1996). Natural recolonization of *Pinus halepensis* Mill. and *Pinus pinaster* Aiton in burnt forests of the Sierra de Alcaraz-Segura mountain system (SE Spain). *Ecología Mediterránea*(22), 17-24.

Martínez-Sánchez, J., Herranz, J., Marín, A., & Ferrandis, P. (1997). Postfire regeneration of *Pinus halepensis* Miller in a semi-arid area in Albacete province (southeastern Spain). *Écoscience*, Vol. 4, 86-90,

Matney, D., & Hodges, D. (1991). Evaluating regeneration succes. En M. Duryea, & P. Dougherty, *Forest regeneration manual* (págs. 321-334).

Ne'eman, G., Lahav, H., & Izhaki, I. (1992). Spattial pattern of seedlings 1 year after fire in a Mediterranean pine forest. *Oecología*, Vol. 91, N°3, 365-370,

Paluch, J. (2005). The influence of the spatial pattern on forest floor vegetation and silver fir (*Abies alba* Mill.) regeneration in uneven-aged forest. *Forest Ecology Management* 205, 283-298.

Pausas, J. (1999). Mediterranean vegetation dynamics: modelling problems and functional. *Plant Ecology* 140. 27-39.

Pausas, J. (2004). La recurrencia de incendios en el monte mediterráneo.

Pausas, J., Ribeiro, E., & Vallejo, R. (2004). Post-fire regeneration variability of *Pinus halepensis* in the eastern Iberian Peninsula. *Forest Ecology and Management*, Vol.203, 251-259.

Rivas-Martínez, S. (1987). *Memoria del Mapa de Series de Vegetación de España*. Madrid.

Rodríguez García, E., Juez, L., Guerra Burton, B., & Bravo, F. (2007). Análisis de la regeneración natural de "Pinus pinaster" Ait. en los arenales de Almazán-Bayubas (Soria, España). *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* Vol.16, Nº1, 25-38.

Rodríguez, E., & Bravo, F. (2012). Regeneración natural de Pinus pinaster Ait. y su relación con los factores ambientales en masas mediterráneas del centro de España. En J. Gordo, R. Calama, M. Pardos, F. Bravo, & G. Montero, *La regeneración natural de los pinares en los arenales de la Meseta Castellana* (págs. 175-190). Valladolid.

Rodríguez, E., & Bravo, F. (2013). Factores de sitio y regeneración forestal natural: el caso de Pinus pinaster en rodales de bosques Mediterráneos. 6º Congreso Forestal Español.

Rodríguez, E., & Bravo, F. (2014). Evaluación de la regeneración natural de Pinus pinaster en masas del centro de España. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, Vol. 40. 183-192.

Rodríguez, E., Bravo, F., & Spies, T. (2011). Effects of overstorey canopy, plant-plant interactions and soil properties on Mediterranean maritime pine seedling dynamics . *Forest Ecology Management* 262, 244-251,

Rodríguez, E., Gratzer, G., & Bravo, F. (2011). Climatic variability and other site factor influences on natural regeneration of Pinus pinaster Ait. . *Annals of Forest Science* 6, 811-823.

Rodríguez, E., Juez, L., & Bravo, F. (2001). Environmental influences on post-harvest natural regeneration of Pinus pinaster Ait. in Mediterranean forest stands submitted to seed-tree selection method.

Rodríguez, R., & Madrigal, J. (2008). Selvicultura de Pinus pinaster Ait. subsp. atlantica H. de Villar. En R. Serrada, G. Montero, & J. Reque, *Compendio de selvicultura aplicada en España* (págs. 367-398). Madrid.

Ruano, I., Pando, V., & Bravo, F. (2009). How do light and water influence Pinus pinaster ait. germination and early seedling development? . *Forest Ecology Management*, 2647-2653.

Saracino, A., & Leone, V. (1993). Natural regeneration 2 and 4 years after fire of Pinus halepensis Miller in dunal environment. En E. R. Report, *Fire in Mediterranean Ecosystems* (págs. 141-150).

Serrada, R., Dominguez, S., & Sanchez, M. (1993). Estudio de la regeneracion natural del pinus nigra arn. en relación con los tratamientos principales y la estación en las provincias de Cuenca y Guadalajara. CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL - Lourizán 1993. Ponencias y comunicaciones. Tomo II, 631-635.

Spanos, I., Daskalaku, E., & Thanos, C. (2000). Postfire, natural regeneration of Pinus brutia forests in Thasos island, Greece. *Acta Oecologica*, Vol.21, 13-20,

Suchockas, V. (2001). Distribution of Scots Pine (*Pinus sylvestris*) Naturally Regenerating Seedlings on abandoned agricultura Land at Forest Edgesl. *Baltic Forestry*, Vol. 7, 79-83.

Szmyt, J. (2010). Spatial pattern of trees of different diameter classes in managed pine stands (*pinus sylvestris* l.) of different age. *Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria*, Vol 9, N°3, 37-49.

Tang, C., He, L., Su, W., Zhang, G., Wang, H., Peng, M., Wang, C. (2013). Regeneration, recovery and succession of a *Pinus yunnanensis* community five years after a mega-fire in central Yunnan, China. *Forest Ecology and Management*, Vol. 294, 188-196.

Tapias, R., Gil, L., Fuentes-Utrilla, P., & Pardos, J. (2001). Canopy seed banks in Mediterranean pines of southeastern Spain: a comparison between *Pinus halepensis* Mill., *P. pinaster* Ait., *P. nigra* Arn. and *P. pinea* L. . *Journal of Ecology* , 89, 629-638.

Tiscar, P., & Linares, J. (2011). *Pinus nigra* subsp. *Salzmannii* forests from southeast spain: using structure and process information to guide management. *Pine Forests: Types, Threats and Management*, Cap. 11, 1-27.

Tsitsoni, T. (1997). Conditions determining natural regeneration after wildfires in the *Pinus halepensis* (Miller, 1768) forests of Kassandra Peninsula (North Greece). *Forest Ecology and Management*, Vol. 92, 199-208.

Vacek, S. V., Bílek, L., Simon, J., Remeš, J., Hůnová, I., Král, J., . . . Mikeska, M. (2016). Structure, regeneration and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands with respect to changing climate and environmental pollution. *Silva Fennica*, Vol. 50. N° 4, artículo 1564.

Vega, J. (2003). Regeneración del género *pinus* tras incendios. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*(15), 59-68.

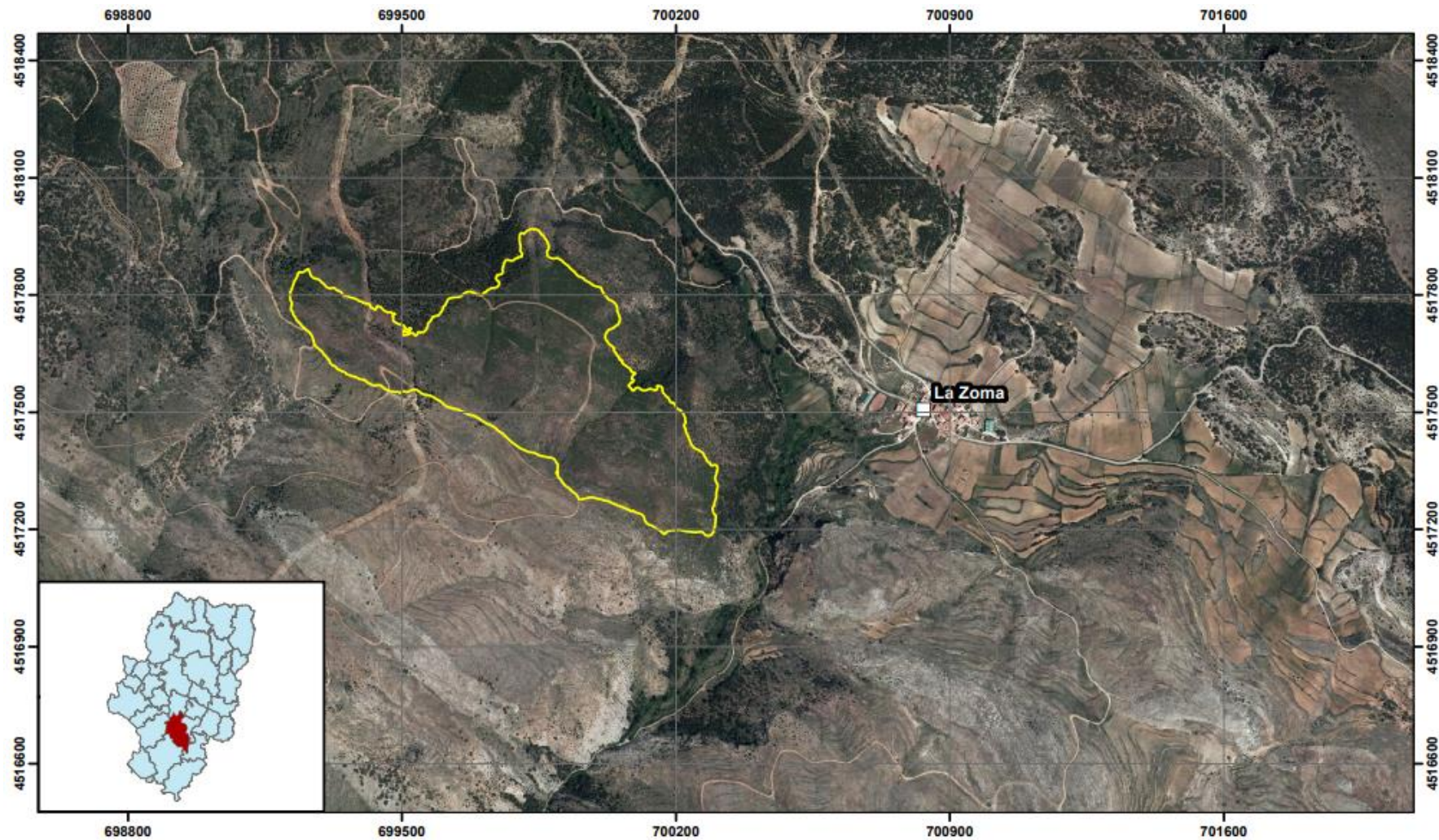
Vega, J., Fernández, C., Pérez, P., & Fonturbel, T. (2010). Response of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) recruitmentto fire severity and post-fire management in a coastal burnedarea in Galicia (NW Spain). *Plant Ecology* 206, 297-308.



Walker, L., & del Moral, R. (2003). *Primary Succession and Ecosystem Rehabilitation*. Cambridge.

ANEXO I: Mapas


Mapa 1. Localización del área de estudio

Mapa 2. Ubicación de las parcelas en el área de estudio



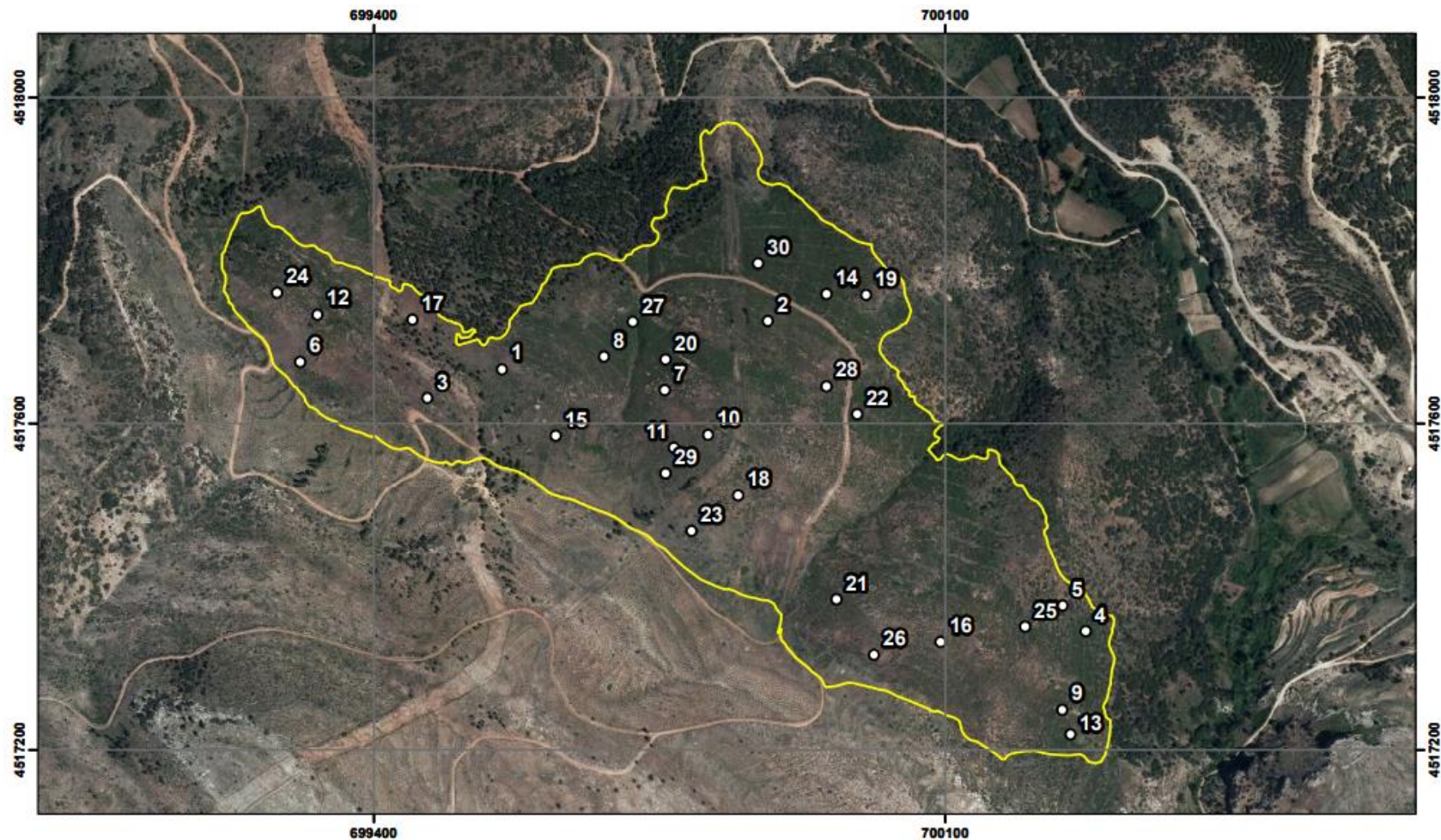
Leyenda	
	Núcleo de población
	Área de estudio

Regeneración natural post-incendio del <i>Pinus pinaster</i> Ait. en el término municipal de La Zoma, Teruel	
Mapa 1. Localización del área de estudio	
Fuente: Ortofoto PNOA 2015	Fecha: 05/07/2017


Grado en Ciencias Ambientales. UNIZAR
Autor: David Aguilar Cava



Anexo I - Mapa 1. Localización del área de estudio.



Leyenda	
○	Parcelas
□	Área de estudio

Regeneración natural post-incendio del <i>Pinus pinaster</i> Ait. en el término municipal de La Zoma, Teruel	
Mapa 2. Ubicación de las parcelas en el área de estudio	
Fuente: Ortofoto PNOA 2015	Fecha: 05/07/2017

0	0,1	0,2	0,4	Km
Grado en Ciencias Ambientales. UNIZAR				
Autor: David Aguilar Cava				



Anexo I - Mapa 2. Ubicación de las parcelas en el área de estudio.

ANEXO II: Estadillo

Parcela:						
	Altura (cm)	Diámetro basal (mm)	Cobertura %	Edad	Presencia de piñas en el árbol	Viabilidad
Pino 1						
Pino 2						
Pino 3						
Pino 4						
Pino 5						
Pino 6						
Pino 7						
Pino 8						
Pino 9						
Pino 10						
Pino 11						
Pino 12						
Pino 13						
Pino 14						
Pino 15						
Total pinos						
Matorral 1						
Matorral 2						
Matorral 3						
Matorral 4						
Suelo desnudo						
Madera						
Herbáceas						
Nº de tocones	Distancia al semillero más cercano					
Orientación	Altura		Pendiente			
Sustrato				Pedregosidad		
Coordenadas						
Fecha						
Observaciones:						

Anexo II - Tabla 1. Ejemplo de estadillo.

ANEXO III: Herbario

Planta 1. *Pinus pinaster*

Planta 2. *Cistus populifolius*

Planta 3. *Cistus laurifolius*

Planta 4. *Quercus ilex*

Planta 5. *Quercus faginea*

Planta 6. *Genista scorpius*

Planta 7. *Lavandula angustifolia*

Planta 8. *Amelanchier ovalis*

Planta 9. *Rhamnus saxatilis*

Planta 10. *Arctostaphylos uva-ursi*

Planta 11. *Juniperus communis*

Planta 12. *Dorycnium pentaphyllum*

Planta 13. *Rosmarinus officinalis*

Planta 14. *Pinus sylvestris*



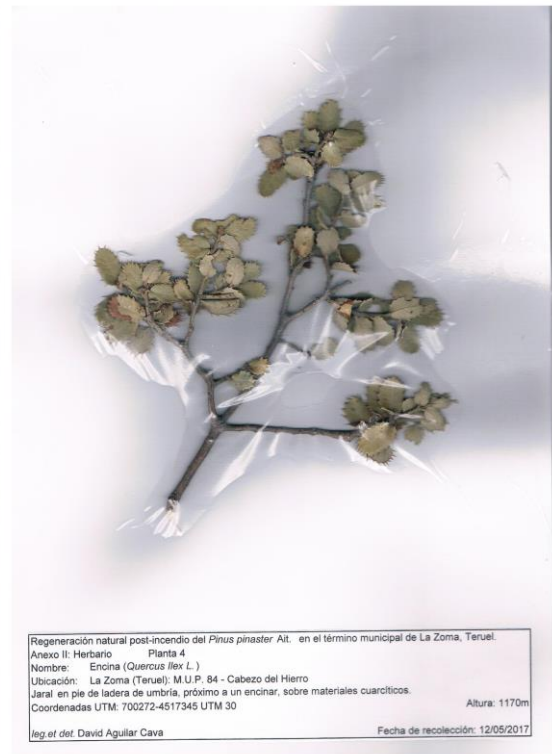
Planta 1. *Pinus pinaster*



Planta 2. *Cistus populifolius*



Planta 3. *Cistus laurifolius*



Planta 4. *Quercus ilex*



Planta 5. *Quercus faginea*



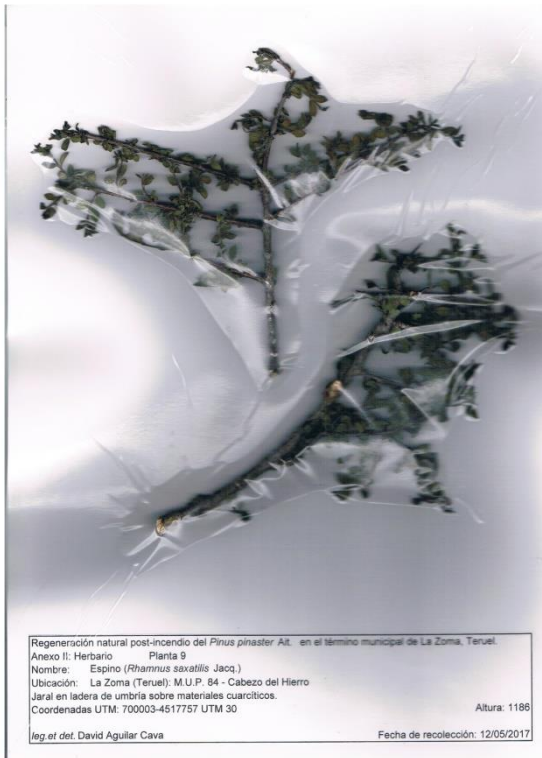
Planta 6. *Genista scorpius*



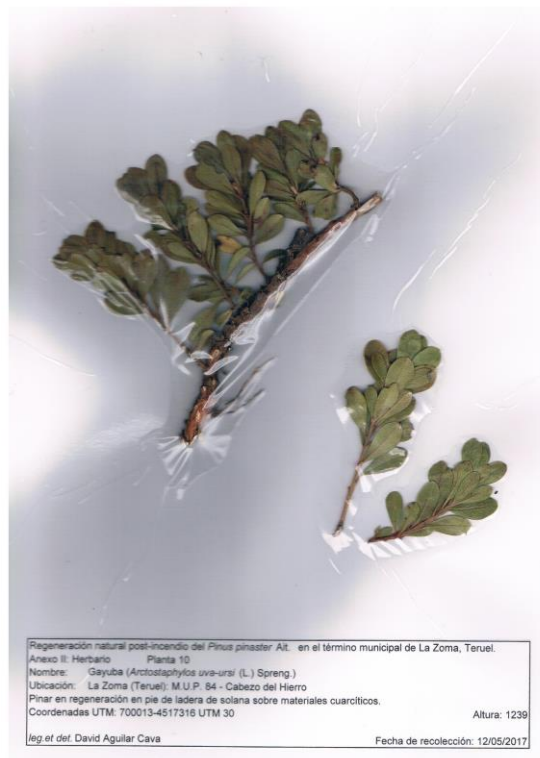
Planta 7. *Lavandula angustifolia*



Planta 8. *Amelanchier ovalis*



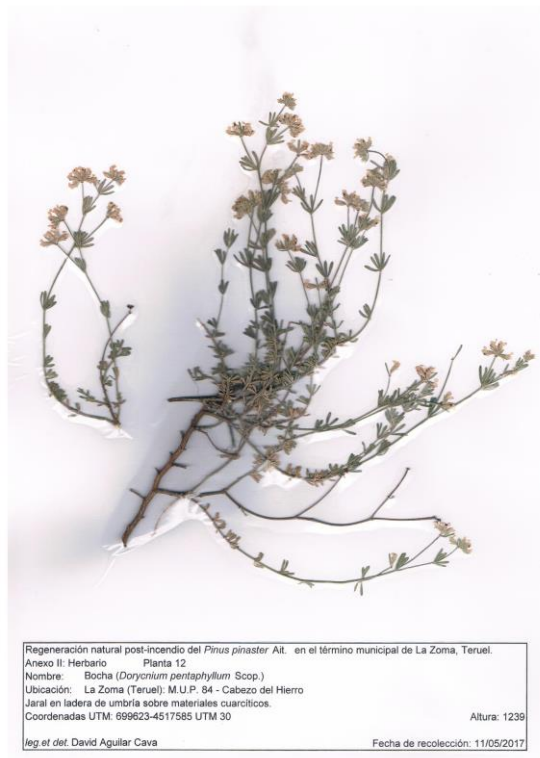
Planta 9. *Rhamnus saxatilis*



Planta 10. *Arctostaphylos uva-ursi*



Planta 11. *Juniperus communis*



Planta 12. *Dorycnium pentaphyllum*



Planta 13. *Rosmarinus officinalis*



Planta 14. *Pinus sylvestris*

ANEXO IV: Fotografías



Anexo IV - Ilustración 1. Aguilar, D. (2017). Individuos de *P. pinaster* regenerados al lado de jaras en el área de estudio.



Anexo IV - Ilustración 2. Aguilar, D. (2017). Parcela dentro del área de estudio en la que se aprecia la alta densidad de jaras.



Anexo IV - Ilustración 3. Aguilar, D. (2017). Muestreo de una parcela del área de estudio. (Izq: David Aguilar / Der: Victor Pina).



Anexo IV - Ilustración 4. Aguilar, D. (2017). Área de estudio con alta pedregosidad. En la parte alta de la ladera se aprecia el árbol semillero más cercano.

ANEXO V: Correlaciones entre variables generales

Rho de Spearman N=30 (nº de parcelas)		Nº de pinos	Altura media	Diámetro basal	Edad media	% Pinos	% Jaras	Altura jaras	% Encinas	Altura encinas	% Matorral	Altura matorral	% Herbáceas	Altura herbáceas	% Suelo desnudo	% Madera	Nº de tocones	Distancia al semillero más cercano	Altitud	Pendiente	Pedregosidad
Nº de pinos	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral)	1	0,221	-0,019	,091	,822**	0,043	-0,067	-,601**	-,594**	-0,217	-0,299	-0,21	-0,096	0,244	0,013	0,296	-0,121	,451*	-0,229	0,244
			0,269	0,924	,650	0	0,822	0,724	0	0,001	0,25	0,108	0,266	0,612	0,193	0,948	0,112	0,524	0,012	0,224	0,194
Altura media	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral)	0,221	1	,704**	,490**	,590**	-0,254	0,187	-0,185	-0,189	-0,269	-0,039	0,178	0,233	0,235	-0,222	-0,006	0,098	-0,002	0,023	0,345
		0,269		0	,010	0,001	0,2	0,35	0,356	0,345	0,175	0,847	0,375	0,243	0,238	0,265	0,978	0,626	0,993	0,91	0,078
Diámetro basal	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral)	-0,019	,704**	1	,645**	,421*	-,520**	-0,263	-0,147	-0,183	-,535**	0,073	0,134	0,287	,433*	-0,158	-0,049	-0,097	0,153	-0,1	,578**
		0,924	0		,000	0,029	0,005	0,184	0,465	0,36	0,004	0,717	0,505	0,146	0,024	0,432	0,81	0,629	0,445	0,618	0,002
Edad media	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral)	,049	,581**	,756**	1,000	,410*	-,332	-,176	,012	-,066	-,378	,033	,161	,093	,344	-,165	-,127	-,282	,254	-,004	,365
		,808	,001	,000	.	,034	,091	,379	,951	,744	,052	,870	,421	,644	,079	,410	,527	,155	,202	,984	,061
% Pinos	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral)	,822**	,590**	,421*	,392*	1	-0,242	-0,123	-,573**	-,547**	-,452*	-0,283	-0,043	0,026	,446*	-0,072	0,235	-0,127	0,348	-0,155	,467**
		0	0,001	0,029	,043		0,197	0,518	0,001	0,002	0,012	0,13	0,82	0,89	0,014	0,705	0,212	0,503	0,059	0,414	0,009
% Jaras	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral)	0,043	-0,254	-,520**	-,317	-0,242	1	,451*	-0,035	-0,032	,820**	0,13	-,420*	-,397*	-,624**	0,301	0,052	0,163	-0,242	0,335	-,375*
		0,822	0,2	0,005	,108	0,197		0,012	0,852	0,866	0	0,494	0,021	0,03	0	0,106	0,786	0,391	0,198	0,07	0,041

Anexo V - Tabla 1. Correlaciones entre variables generales. Rho de Spearman- Parte 1/3.

Rho de Spearman N=30 (n° de parcelas)		N° de pinos	Altura media	Diámetro basal	Edad media	% Pinos	% Jaras	Altura jaras	% Encinas	Altura encinas	% Matorral	Altura matorral	% Herbáceas	Altura herbáceas	% Suelo desnudo	% Madera	N° de tocones	Distancia al semillero más cercano	Altitud	Pendiente	Pedregosidad
Altura jaras	Coefficiente de correlación	-0,067	0,187	-0,263	-,146	-0,123	,451*	1	0,078	0,103	,520**	0,183	0,086	0,01	-,610**	0,234	-0,243	0,185	-,361*	0,218	-,469**
	Sig. (bilateral)	0,724	0,35	0,184	,468	0,518	0,012		0,681	0,588	0,003	0,334	0,65	0,959	0	0,213	0,196	0,329	0,05	0,248	0,009
% Encinas	Coefficiente de correlación	-,601**	-0,185	-0,147	-,017	-,573**	-0,035	0,078	1	,942**	0,352	0,14	0,134	0,031	-0,339	0,153	-0,185	0,342	-,402*	0,062	-,376*
	Sig. (bilateral)	0	0,356	0,465	,934	0,001	0,852	0,681		0	0,056	0,459	0,48	0,871	0,067	0,419	0,329	0,065	0,028	0,746	0,04
Altura encinas	Coefficiente de correlación	-,594**	-0,189	-0,183	-,091	-,547**	-0,032	0,103	,942**	1	,368*	0,081	0,161	0,083	-0,324	0,236	-0,117	0,354	-,464**	0,094	-,378*
	Sig. (bilateral)	0,001	0,345	0,36	,651	0,002	0,866	0,588	0	0,046	0,67	0,396	0,664	0,081	0,209	0,538	0,055	0,01	0,623	0,04	
% Matorral	Coefficiente de correlación	-0,217	-0,269	-,535**	-,368	-,452*	,820**	,520**	0,352	,368*	1	0,236	-0,193	-0,204	-,808**	0,279	-0,143	,386*	-,619**	0,278	-,537**
	Sig. (bilateral)	0,25	0,175	0,004	,059	0,012	0	0,003	0,056	0,046		0,209	0,306	0,281	0	0,135	0,452	0,035	0	0,138	0,002
Altura matorral	Coefficiente de correlación	-0,299	-0,039	0,073	,070	-0,283	0,13	0,183	0,14	0,081	0,236	1	-0,026	-0,064	-0,291	0,18	-0,275	0,06	-0,305	0,199	-0,197
	Sig. (bilateral)	0,108	0,847	0,717	,728	0,13	0,494	0,334	0,459	0,67	0,209		0,89	0,736	0,118	0,341	0,142	0,754	0,101	0,291	0,296
% Herbáceas	Coefficiente de correlación	-0,21	0,178	0,134	,183	-0,043	-,420*	0,086	0,134	0,161	-0,193	-0,026	1	,778**	-0,038	-0,167	-0,266	-0,062	-0,055	-0,147	-0,165
	Sig. (bilateral)	0,266	0,375	0,505	,360	0,82	0,021	0,65	0,48	0,396	0,306	0,89		0	0,843	0,378	0,156	0,743	0,772	0,438	0,385
Altura herbáceas	Coefficiente de correlación	-0,096	0,233	0,287	,087	0,026	-,397*	0,01	0,031	0,083	-0,204	-0,064	,778**	1	0,056	-0,255	-0,044	0,015	0,047	-0,33	0,047
	Sig. (bilateral)	0,612	0,243	0,146	,667	0,89	0,03	0,959	0,871	0,664	0,281	0,736	0		0,768	0,173	0,817	0,937	0,805	0,075	0,805

Anexo V - Tabla 2. Correlaciones entre variables generales. Rho de Spearman- Parte 2/3.

Rho de Spearman N=30 (nº de parcelas)		Nº de pinos	Altura media	Diámetro basal	Edad media	% Pinos	% Jaras	Altura jaras	% Encinas	Altura encinas	% Matorral	Altura matorral	% Herbáceas	Altura herbáceas	% Suelo desnudo	% Madera	Nº de tocones	Distancia al semillero más cercano	Altitud	Pendiente	Pedregosidad
% Suelo desnudo	Coefficiente de correlación	0,244	0,235	,433 [*]	,356	,446 [*]	-,624 ^{**}	-,610 ^{**}	-0,339	-0,324	-,808 ^{**}	-0,291	-0,038	0,056	1	-,433 [*]	0,257	-0,174	,550 ^{**}	-0,209	,798 ^{**}
	Sig. (bilateral)	0,193	0,238	0,024	,069	0,014	0	0	0,067	0,081	0	0,118	0,843	0,768		0,017	0,17	0,358	0,002	0,268	0
% Madera	Coefficiente de correlación	0,013	-0,222	-0,158	-,188	-0,072	0,301	0,234	0,153	0,236	0,279	0,18	-0,167	-0,255	-,433 [*]	1	-0,225	0,164	-0,232	0,276	-0,298
	Sig. (bilateral)	0,948	0,265	0,432	,348	0,705	0,106	0,213	0,419	0,209	0,135	0,341	0,378	0,173	0,017		0,233	0,387	0,217	0,14	0,109
Nº de tocones	Coefficiente de correlación	0,296	-0,006	-0,049	-,131	0,235	0,052	-0,243	-0,185	-0,117	-0,143	-0,275	-0,266	-0,044	0,257	-0,225	1	-0,129	0,272	-,494 ^{**}	0,171
	Sig. (bilateral)	0,112	0,978	0,81	,513	0,212	0,786	0,196	0,329	0,538	0,452	0,142	0,156	0,817	0,17	0,233		0,498	0,146	0,006	0,365
Distancia al semillero más cercano	Coefficiente de correlación	-0,121	0,098	-0,097	-,345	-0,127	0,163	0,185	0,342	0,354	,386 [*]	0,06	-0,062	0,015	-0,174	0,164	-0,129	1	-,506 ^{**}	0,147	0,011
	Sig. (bilateral)	0,524	0,626	0,629	,078	0,503	0,391	0,329	0,065	0,055	0,035	0,754	0,743	0,937	0,358	0,387	0,498		0,004	0,437	0,952
Altitud	Coefficiente de correlación	,451 [*]	-0,002	0,153	,306	0,348	-0,242	-,361 [*]	-,402 [*]	-,464 ^{**}	-,619 ^{**}	-0,305	-0,055	0,047	,550 ^{**}	-0,232	0,272	-,506 ^{**}	1	-,366 [*]	0,339
	Sig. (bilateral)	0,012	0,993	0,445	,121	0,059	0,198	0,05	0,028	0,01	0	0,101	0,772	0,805	0,002	0,217	0,146	0,004		0,047	0,066
Pendiente	Coefficiente de correlación	-0,229	0,023	-0,1	-,030	-0,155	0,335	0,218	0,062	0,094	0,278	0,199	-0,147	-0,33	-0,209	0,276	-,494 ^{**}	0,147	-,366 [*]	1	-0,041
	Sig. (bilateral)	0,224	0,91	0,618	,881	0,414	0,07	0,248	0,746	0,623	0,138	0,291	0,438	0,075	0,268	0,14	0,006	0,437	0,047		0,831
Pedregosidad	Coefficiente de correlación	0,244	0,345	,578 ^{**}	,310	,467 ^{**}	-,375 [*]	-,469 ^{**}	-,376 [*]	-,378 [*]	-,537 ^{**}	-0,197	-0,165	0,047	,798 ^{**}	-0,298	0,171	0,011	0,339	-0,041	1
	Sig. (bilateral)	0,194	0,078	0,002	,116	0,009	0,041	0,009	0,04	0,04	0,002	0,296	0,385	0,805	0	0,109	0,365	0,952	0,066	0,831	

Anexo V - Tabla 3. . Correlaciones entre variables generales. Rho de Spearman- Parte 3/3.