



Trabajo Fin de Grado

Estimación de la supervivencia de la plantación forestal
realizada por la Fundación Árboles para Siempre en el
municipio de Alcubierre, Huesca

Estimation of forest plantation survival made by “Árboles para Siempre” Foundation in Alcubierre council, Huesca

Autora

Amanda Aznar Gil

Directores

José Manuel Nicolau Ibarra

Lila Righetti Coutet

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

2017

Agradecimientos

Estas líneas van dedicadas a todas aquellas personas que en mayor o menor medida han contribuido en que este trabajo saliera adelante.

En primer lugar, mi más sincero agradecimiento a todos mis amigos y amigas, así como a mis compañeros y compañeras de trabajo que me han ayudado y me han sido fuente de moral e inspiración. En especial a Carlos Gimeno Almenara, Ariadna Fernández Lozano, Vega Bernard González y Pablo Cuáder Navarro, gracias por vuestra ayuda y colaboración para la consecución de este trabajo.

A mis directores José Manuel Nicolau Ibarra y Lila Righetti Couttet por todo su esfuerzo y dedicación. Gracias por compartir conmigo todos vuestros conocimientos y saber.

A la fundación Árboles para Siempre, que gracias a ellos y su plantación forestal ha sido posible la ejecución de este trabajo. En especial a Carmen Cháfer, por toda su ayuda y tiempo dedicado

Finalmente mis mayores agradecimientos van dedicados, a mi madre Rosa y a mi hermano Iñaki, a mi tía Ana y a mi tía Anisa, que sin su apoyo incondicional a lo largo de estos años, no hubiese sido posible este proyecto.

Gracias a todos y todas.

Resumen

La deforestación causa la pérdida de los sistemas naturales y provoca la reducción de los servicios ecosistémicos.

Con el fin de proteger y crear masas forestales autóctonas, la fundación Árboles para Siempre, inició una plantación forestal en la Sierra de Alcubierre en octubre de 2015.

El objetivo del presente trabajo de fin de grado consistió en evaluar la supervivencia de dicha plantación de marzo de 2016 a junio de 2017. Para ello, se identificaron y estudiaron las distintas unidades ambientales en las que se habían plantado las dos especies con las que se empezó la reforestación; *Juniperus thurifera* y *Quercus ilex*.

Al final del estudio, los resultados han registrado tasas de supervivencia bajas, siendo en junio de 2017 del 42.5%, donde, por especies, *Juniperus thurifera* tuvo una supervivencia mayor que *Quercus ilex*.

Además, se han estudiado los diferentes factores ambientales que pueden afectar a la supervivencia con el objetivo de hallar las diferencias del conjunto del área de estudio. Con ello, se han valorado los resultados finales para localizar los mejores micrositios donde poder obtener el mayor éxito posible en la supervivencia de los plantones. Estos resultados serán enviados a la fundación para tener en cuenta en próximas plantaciones.

Palabras clave

Alcubierre, deforestación, plantación forestal, supervivencia, unidades ambientales.



Abstract

Deforestation produces loss of natural ecosystems and reduction of environmental and social services.

In order to protect and create forests of native species, “Árboles Para Siempre” Foundation began a forestry plantation in Sierra de Alcubierre in December 2015.

The objective of this final work degree was to evaluate the survival of this plantation from March 2016 to June 2017. The environmental units in which both *Juniperus thurifera* and *Quercus ilex* species were planted when reforestation began, were identified and studied.

At the end of the study, results have recorded low survival rates (42.5% survival rate in june 2017) of where, by species, *Juniperus thurifera* had a greater survival than *Quercus ilex*.

In addition, environmental factors that can affect survival have been analyzed in order to find differences in the whole study area. Final results have been valued to locate the best microsites where they can success as much as possible in the survival of the seedlings. We also present as a final result locations with the best microsites for the survival of the seedlings.

These results will be sent to the foundation to improve on upcoming plantations.

Key words

Alcubierre, deforestation, environmental units, forest plantation, survival.



Tabla de contenido

1. Introducción.....	8
1.1. Deforestaciones y plantaciones forestales	8
1.2. Proyecto conservacionista de Árboles para Siempre.....	9
2. Objetivos.....	10
3. Descripción del área de trabajo	11
3.1. Ubicación y dimensiones.....	11
3.2. Geografía.....	12
3.3. Climatología	12
3.4. Vegetación.....	14
3.5. Fauna.....	14
3.6. Usos y calidad del suelo	15
3.7. Figuras de protección del medio natural	15
3.8. Descripción de las áreas de actuación	16
4. Material y métodos	18
4.1. Análisis de las actuaciones previas de reforestación.....	18
4.2. Análisis y revisión bibliográfica del área de estudio	20
4.3. Trabajo de campo	21
4.3.1. Identificación de las distintas unidades ambientales.....	21
4.3.2. Medición in situ de la supervivencia de la plantación.....	21
4.3.3. Toma de muestras del suelo.....	22
4.4. Análisis estadístico de los resultados.....	22
4.5. Fotointerpretación y digitalización de la plantación.....	23
4.5.1. Digitalización de la plantación.....	23
4.5.2. Localización digital del área de estudio y descarga de material	24
4.5.3. Edición de mapas.....	24
4.6. Redacción de la memoria final.....	25
5. Resultados	26
5.1.Identificación de las distintas unidades ambientales	26
5.2.Resultados de la supervivencia de la plantación	26
6. Discusión.....	44
7. Conclusiones	48
8. Bibliografía.....	49



Anexo 1. Tablas.....	53
Anexo 2. Operaciones en un día de plantación.....	55
Anexo 3. Resultados de los análisis de suelos.....	59
Anexo 4. Fotografías.....	71
Anexo 5. Mapas	76

Índice de figuras, ilustraciones, fotografías y mapas

Figuras

Figura 1. Diagrama ombrotérmico de la estación de Lanaja (serie de datos de diciembre de 2015 a junio de 2017).....	14
Figura 2. Supervivencia de la plantación en el conjunto del área de estudio en junio de 2017.	28
Figura 3. Supervivencia de la plantación en el conjunto del área de estudio a lo largo del tiempo.....	28
Figura 4. Supervivencia de la plantación según el tipo de protector en el conjunto del área de estudio en junio de 2017.....	29
Figura 5. Supervivencia de la plantación por especies según el tipo de protector en el conjunto del área de estudio en junio de 2017.....	29
Figura 6. Supervivencia de la plantación en cada unidad ambiental en el conjunto del área de estudio en junio de 2017.....	30
Figura 7. Supervivencia global según la forma de relieve en el conjunto del área de estudio en junio de 2017.....	30
Figura 8. Supervivencia por especies según la forma de relieve en el conjunto del área de estudio en junio de 2017.....	31
Figura 9. Supervivencia de la plantación según la conductividad del suelo en el área de estudio en junio de 2017.....	32
Figura 10. Supervivencia por especies según la salinidad del suelo en el conjunto del área de estudio en junio de 2017.....	32
Figura 11. Supervivencia de la plantación entre junio de 2016 y septiembre de 2016.	33
Figura 12. Supervivencia global de las distintas unidades ambientales en el conjunto del área tras el estiaje de entre junio y septiembre de 2016.....	34
Figura 13. Supervivencia de la plantación según el tipo de relieve tras el estiaje de entre junio y septiembre de 2016.....	34
Figura 14. Supervivencia de la plantación en el área de estudio tras el periodo otoño invernal de entre septiembre de 2016 y abril de 2017.....	35
Figura 15. Supervivencia de la plantación según las unidades ambientales en el área de estudio tras el periodo otoño invernal de entre septiembre de 2016 y abril de 2017.	35
Figura 16. Supervivencia de la plantación según el tipo de relieve en el área de estudio tras el periodo otoño invernal de entre septiembre de 2016 y abril de 2017.....	36



Figura 17. Supervivencia de la plantación según los distintos períodos en el conjunto del área de estudio entre junio y septiembre de 2016 y entre septiembre de 2016 y abril de 2017.....	37
Figura 18. Contenido de arena total del suelo según la forma del relieve.	38
Figura 19. Supervivencia en función del contenido de arena total según la forma del relieve.....	38
Figura 20. Contenido de limos totales según la forma del relieve.....	39
Figura 21. Supervivencia en función del contenido de limos totales según la forma del relieve.....	39
Figura 22. Contenido de arcilla según la forma del relieve.....	40
Figura 23. Supervivencia en función del contenido de arcilla según la forma del relieve.	40
Figura 24. Contenido de salinidad en dS/m según la forma del relieve.	40
Figura 25. Supervivencia en función del contenido de conductividad eléctrica según la forma del relieve.	41
Figura 26. Contenido de materia orgánica en g/100g según la forma del relieve.	41
Figura 27. Supervivencia en función del contenido de materia orgánica según la forma del relieve.	41
Figura 28. Contenido de nitrógeno total en %p/p según la forma del relieve.....	42
Figura 29. Supervivencia en función del contenido de nitrógeno total según la forma del relieve.	42
Figura 30. Contenido de fósforo en mg/kg según la forma del relieve.....	43
Figura 31. Supervivencia en función del contenido de fósforo según la forma del relieve.....	43
Figura 32. Contenido de potasio en mg/kg según la forma del relieve.	43
Figura 33. Supervivencia en función del contenido de potasio según la forma del relieve.....	44
Figura 34. Tabla de conteo in situ de la supervivencia de la plantación.	53
Figura 35. Conteo de la supervivencia in situ de la plantación en junio de 2016.....	53
Figura 36. Conteo de la supervivencia in situ de la plantación en septiembre de 2017.	
Figura 37. Conteo de la supervivencia in situ de la plantación en abril de 2017.....	54
Figura 38. Conteo de la supervivencia in situ de la plantación en junio de 2017.....	54



Ilustraciones

Ilustración 1Resultados del análisis de suelos de la unidad ambiental 1 del área de estudio. Fuente: ENAC ENSAYOS (2017).....	59
Ilustración 2. Resultados del análisis de suelos de la unidad ambiental 2 del área de estudio. Fuente: ENAC ENSAYOS (2017).....	60
Ilustración 3. Resultados del análisis de suelos de la unidad ambiental 3 del área de estudio. Fuente: ENAC ENSAYOS (2017).....	61
Ilustración 4. Resultados del análisis de suelos de la unidad ambiental 4 del área de estudio. Fuente: ENAC ENSAYOS (2017).....	62
Ilustración 5. Resultados del análisis de suelos de la unidad ambiental 5 (no estimada) del área de estudio. Fuente: ENAC ENSAYOS (2017).	63
Ilustración 6. Resultados del análisis de suelos de la unidad ambiental catalogada en primer lugar como 6 del área de estudio. Fuente: ENAC ENSAYOS (2017).....	64
Ilustración 7. Resultados del análisis de suelos de la unidad ambiental catalogada en primer lugar como 7 del área de estudio. Fuente: ENAC ENSAYOS (2017).....	65
Ilustración 8. Diagrama triangular de las clases texturales según el tamaño de las partículas. Fuente: USDA (2017).....	69
Ilustración 9. Interpretación del pH. Fuente: Rioja Molina, A. (2002).....	69
Ilustración 10. Interpretación de la conductividad eléctrica en el suelo. Fuente: FAO (2017).....	69
Ilustración 11. Interpretación de la materia orgánica en el suelo. Fuente: Rioja Molina, A. (2002).....	70
Ilustración 12. Niveles de fósforo asimilable en el suelo (método Olsen). Fuente: Andrades et al. (2014).....	70
Ilustración 13. Niveles de potasio en el suelo (método acetato). Fuente: Andrades et al. (2014).....	70

Fotografías

Fotografía 1. Estandarte de Árboles Para Siempre en el área de estudio. Fuente: Aznar, A. (2017).....	71
Fotografía 2. Unidad ambiental 1 del área de estudio. Fuente: Aznar A. (2017).....	71
Fotografía 3. Unidad ambiental 2 del área de estudio. Fuente: Aznar, A. (2017).....	71
Fotografía 4. Unidad ambiental 3 del área de estudio. Fuente: Aznar, A. (2017).....	72
Fotografía 5. Unidad ambiental 4 del área de estudio. Fuente: Aznar, A. (2017).....	72
Fotografía 6. Unidad ambiental 5 del área de estudio. Fuente: Aznar, A. (2017).....	72



Fotografía 7. Unidad ambiental 6 del área de estudio. Fuente: Aznar, A. (2017)	73
Fotografía 8. Vista general de las unidades ambientales del área de estudio. Fuente: Aznar, A. (2017).....	73
Fotografía 9. Vista general de las unidades ambientales del área de estudio. Fuente: Aznar, A. (2017).....	73
Fotografía 10. Protector tipo malla usado en los plantones. Fuente: Aznar, A. (2017).74	74
Fotografía 11. Protector tipo tubex usado en los plantones. Fuente: Aznar, A. (2017).74	74
Fotografía 12. Muestras de suelos de las unidades ambientales del área de estudio. Fuente: Aznar, A. (2017).....	74
Fotografía 13. Estado de las marras del área de estudio. Fuente: Aznar, A. (2017) ...75	75
Fotografía 14. Mulching en los alcorques de los plantones en el área de estudio. Fuente: Aznar, A. (2017).....	75

Mapas

Mapa 1. Mapa de localización del municipio de Alcubierre. Fuente: QGIS, Google Streets.....	12
Mapa 2. Zona LIC de la Sierra de Alcubierre y Sigena. Fuente: Gobierno de Aragón (2000).....	16
Mapa 3. Zona ZEPA de la Sierra de Alcubierre. Fuente: Gobierno de Aragón (2000). 17	17
Mapa 4. Localización de las unidades ambientales. Fuente: Aznar, A. (2017).....	76
Mapa 5. Localización de la unidad ambiental 1 en el área de estudio. Fuente: Aznar, A. (2017).....	77
Mapa 6. Localización de la unidad ambiental 2 en el área de estudio. Fuente: Aznar, A. (2017).....	78
Mapa 7. Localización de la unidad ambiental 3 en el área de estudio. Fuente: Aznar, A. (2017).....	79
Mapa 8. Localización de la unidad ambiental 4 en el área de estudio. Fuente: Aznar, A. (2017).....	80
Mapa 9. Localización de la unidad ambiental 5 en el área de estudio. Fuente: Aznar, A. (2017).....	81
Mapa 10. Localización de la unidad ambiental 6 en el área de estudio. Fuente: Aznar, A. (2017).....	82
Mapa 11. Localización de las unidades ambientales en el área de estudio. Fuente: Aznar, A. (2017).....	83

1. Introducción

1.1. Deforestación y plantaciones forestales

La deforestación consiste en la pérdida o destrucción de los bosques naturales con el fin de generar espacios adicionales para la agricultura, ganadería, industria o para los mismos centros urbanos (Vazquez, 2017). Esto puede producir, entre otras cosas; erosión del suelo y desestabilización de las capas freáticas, lo que a su vez favorece las inundaciones o sequías, además de reducir la biodiversidad y contribuir a los desequilibrios climáticos regionales y globales (Ministerio de Educación de Panamá, 2017)

Hay muchos motivos que han fomentado esta tala indiscriminada de los Monegros, estando la mayoría relacionados con las ganancias económicas o la necesidad de los campesinos de mantener a sus familias. Pero, como cita Portillo, (2017), hay que tener en cuenta que deforestar un bosque para realizar en él actividad agrícola es algo que se ha venido haciendo durante casi toda la historia, desde que se descubrió la agricultura y la ganadería.

Los montes proporcionan una gran variedad de servicios ecológicos, sirven de hábitat para las especies de plantas y animales, ayudan a proteger los recursos hídricos y del suelo, contribuyen a la lucha contra el cambio climático y, ocupan el 55% de la superficie geográfica española. Asimismo, son un factor económico importante como proveedores de madera y otros productos forestales, además de por su papel en la diversificación de las economías en las zonas rurales (Ministerio de Agricultura, 2014).

Lo que se observa con frecuencia es que el ecosistema se ha degradado hasta tal punto que no puede restablecerse por su cuenta al estado anterior a la alteración o a su trayectoria histórica de desarrollo, como resultado de la explotación inadecuada de los recursos biológicos (Vargas, 2007). Por lo que, una de las acciones que se utiliza para paliar los efectos de la deforestación es la restauración ecológica, actividad definida como el “proceso de ayudar el restablecimiento de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido” (Society for Ecological Restoration International, 2004).

Una de las opciones usadas para paliar la deforestación de los ecosistemas, son las plantaciones forestales; superficies arboladas que se han obtenido de forma artificial, mediante plantación o siembra. Estos árboles, normalmente, pertenecen en

general a una misma especie (ya sea nativa o introducida), tienen los mismos años de vida y presentan una separación homogénea (GreenFacts, 2017).

En el presente trabajo se estudia la supervivencia de una plantación forestal en los Monegros, concretamente en la Sierra de Alcubierre, realizada por la Fundación conservacionista Árboles para Siempre. Se analiza la supervivencia de las especies considerando los métodos de plantación aplicados, el tipo de protectores de plantones utilizado, las características del sustrato y los micrositios (unidades ambientales) donde se ha plantado.

La zona de estudio posee un clima semiárido por lo que el principal factor limitante para su restauración es el déficit hídrico. En los últimos años se ha avanzado mucho en el conocimiento de los ecosistemas semiáridos y en su manejo y restauración. Uno de los aspectos en que más inciden los expertos es en la necesidad de realizar una evaluación y seguimiento de las plantaciones realizadas con el objetivo de comprobar su efectividad y de proponer mejoras en las mismas (Maestre *et al*, 2003).

1.2. *Proyecto conservacionista de Árboles para Siempre*

Árboles para Siempre es una fundación conservacionista dedicada a la protección y restauración del medio ambiente en el planeta. Concretamente, se centra en la protección y creación de masas forestales autóctonas, donde proponen iniciar su labor a través de la plantación de árboles, siempre bajo criterios ecológicos que garanticen la evolución de los bosques hacia ecosistemas sostenibles. Plantan allí donde poseen la seguridad de que los bosques serán gestionados de manera sostenible y puedan permanecer a largo plazo (Árboles para Siempre, 2016). Dicha fundación está llevando a cabo actuaciones de conservación y restauración ambiental en un territorio objeto de un acuerdo de Custodia del Territorio, firmado por la Fundación Árboles para Siempre, como entidad de custodia, y por el Ayuntamiento de Alcubierre, como propietario y gestor de dicho territorio (Righetti, 2016). En concreto estas plantaciones se están llevando a cabo en la zona desde el año 2015.

La plantación que se estudia en este proyecto comenzó en octubre de 2015 y acabó en marzo de 2016. Y el estudio de dicha plantación, se ha realizado entre las fechas de marzo de 2016 y junio de 2017.



2. Objetivos

Como objetivo general se establece la estimación de la supervivencia de las distintas especies plantadas en el área objeto de estudio, ubicada en la sierra de Alcubierre (Huesca). Se trata de evaluar las acciones llevadas a cabo durante los primeros años de la plantación, mediante la cuantificación de la respuesta de la plantación según diversos factores. Con ello se busca orientar las futuras actuaciones, validando las que se han llevado a cabo hasta la fecha y/o planteando mejoras de las distintas medidas y/o acciones de la plantación forestal.

De forma más específica con este trabajo se busca:

- a. Comparar la respuesta de las especies *Juniperus thurifera* y *Quercus ilex* ssp. *rotundifolia*.
- b. Comparar el efecto de protectores tipo “tubex” y tipo “malla” sobre la supervivencia.
- c. Analizar la influencia de los factores abióticos (orientación, geomorfología y edáficos) sobre la supervivencia.
- d. Estimar el efecto del estiaje y del invierno sobre la supervivencia.

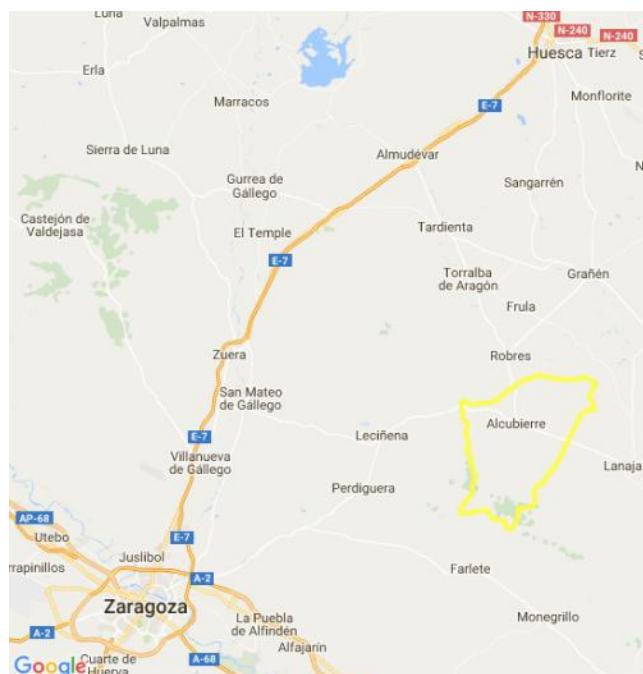
3. Descripción del área de trabajo

3.1. Ubicación y dimensiones

El presente trabajo de fin de grado se ha realizado en el término municipal de Alcubierre, municipio de España ubicado en la provincia de Huesca (Aragón), en la comarca de los Monegros, perteneciente a las provincias de Huesca y Zaragoza. Alcubierre se encuentra a una distancia de 42 km y 45 km respectivamente y está situado a una altitud de 466 msnm., consta de un área de 115.29 km² y una población de 385 habitantes (2016) (INE, 2016) Ver Mapa 1.

El área objeto de estudio se encuentra a unos 2 Km al oeste del núcleo de Alcubierre, accediendo por una pista de tierra que atraviesa campos de cultivo y pequeños cerros, acercándose a las estribaciones de la Sierra de Alcubierre. El territorio de Custodia de Territorio, tiene una dimensión de unas 100 ha., situada en la parte baja y pie de la Sierra de Alcubierre, de carácter de pasto arbustivo y forestal debido al abandono de la actividad ganadera de la zona (Righetti, 2016).

Las plantaciones objeto de seguimiento se encuentran en una zona denominada Monte Viejo, cerca de un pequeño embalse de riego en desuso. Las plantaciones ocupan una superficie total de unas 2 hectáreas, separadas en diferentes zonas. Ver mapas en Anexo 5.



Mapa 1. Mapa de localización del municipio de Alcubierre. Fuente: QGIS, Google Streets.

3.2. Geografía

En la estepa monegrina, la Sierra de Alcubierre domina con su árido paisaje. La sierra emerge del terreno monegrino y entre campos de cultivos de secano aflora una gran masa forestal. Esta sierra ocupa, aproximadamente, unos 400 Km² de superficie total, elevándose desde los 400 metros hasta los 800 metros de altitud. Es una unidad que se extiende de forma tabular en el centro de la comarca de los Monegros, intentando escapar del carácter climático árido y casi semidesértico del llano. Las laderas son pronunciadas y de materiales deleznables, donde la parte de agua de lluvia, que no percola ni se evapora, crea una red de barrancos y cárcavas debido a los efectos erosivos durante las fuertes tormentas (Ruiz, 2015).

El área de estudio está compuesta por laderas, antiguos campos de cultivo en la actualidad abandonados, piedemontes y el embalse del Pantano de Monte Viejo, construido para el embalsamiento de aguas de escorrentía para su uso en el riego de campos, aunque no se utilizó nunca para ello. Actualmente constituye un importante punto de agua donde se recoge el agua de la escorrentía en una cuenca de poco más de 100ha. Todo ello genera una buena heterogeneidad y un elevado grado de naturalidad de la zona de estudio, donde se han diferenciado algunas unidades generales, por sus características geomorfológicas y su cubierta de vegetación (Righetti, 2016).

3.3. Climatología

Según la clasificación de Papadakis, el clima de la Comarca de los Monegros es de tipo Mediterráneo continental o de tipo seco y estepario, de carácter subdesértico. Es una de las zonas más cálidas de la península ibérica. La temperatura media anual de la Sierra de Alcubierre es de 14.5°C, con una precipitación media anual de 415 mm. Las temperaturas oscilan entre los 6 a 8°C de media en invierno, con mínimos por debajo incluso de los -5°C, producto de las inversiones térmicas que tienen lugar en los fondos de los valles y que se pueden prolongar días e incluso semanas, siendo frecuentes las heladas desde finales de octubre a principios de abril. En verano, por el contrario, se alcanzan fácilmente los 40°C, junto con fuertes insolaciones y vientos resecos con gran capacidad de evaporación. Son frecuentes las tormentas en periodo estival, algunas secas y con abundante aparato eléctrico. La escasez de lluvias y las altas temperaturas determinan el clima seco, con un fuerte déficit hídrico, donde la sierra presenta un balance hídrico que oscila de los -700 a los -400 mm, y cuya evapotranspiración potencial es de 785mm. El viento predominante

es el cierzo, de dirección WNW, que alcanza altas velocidades y alta persistencia (DGA, 2010).

Para caracterizar mejor el clima de la zona de muestreo, se ha aplicado un diagrama ombrotérmico de Gaussen, en el que se han recogido los datos meteorológicos de las precipitaciones y temperaturas de la estación meteorológica de Lanaja, a 11.66 km de distancia de Alcubierre. Con este diagrama puede identificarse el periodo seco del área que se está estudiando. Un periodo seco se produce cuando la precipitación es inferior a dos veces la temperatura media ($\text{Precip.}=2T$).

El diagrama ombrotérmico que se ha realizado incluye los meses en los que se realizó la plantación y el muestreo, teniendo en cuenta que no se han podido añadir los datos climatológicos de los meses de julio y agosto ya que todavía no están disponibles. En él se observan las fluctuaciones de las precipitaciones y la temperatura a lo largo de los meses. El año 2016 fue un año seco, y en el diagrama se aprecia cómo las lluvias a lo largo de los meses de estudio han resultado poco continuas. Se observa cómo al comienzo de las primeras plantaciones hay un periodo seco en los últimos meses del 2015. El siguiente periodo seco se sitúa en los meses de calor desde mayo hasta octubre en el año 2016, volviendo de nuevo a sucederse otro periodo seco en los meses fríos de diciembre y enero de 2016 y 2017, y nuevamente en los meses de calor de 2017, donde se observa un despunte de lluvias en junio.

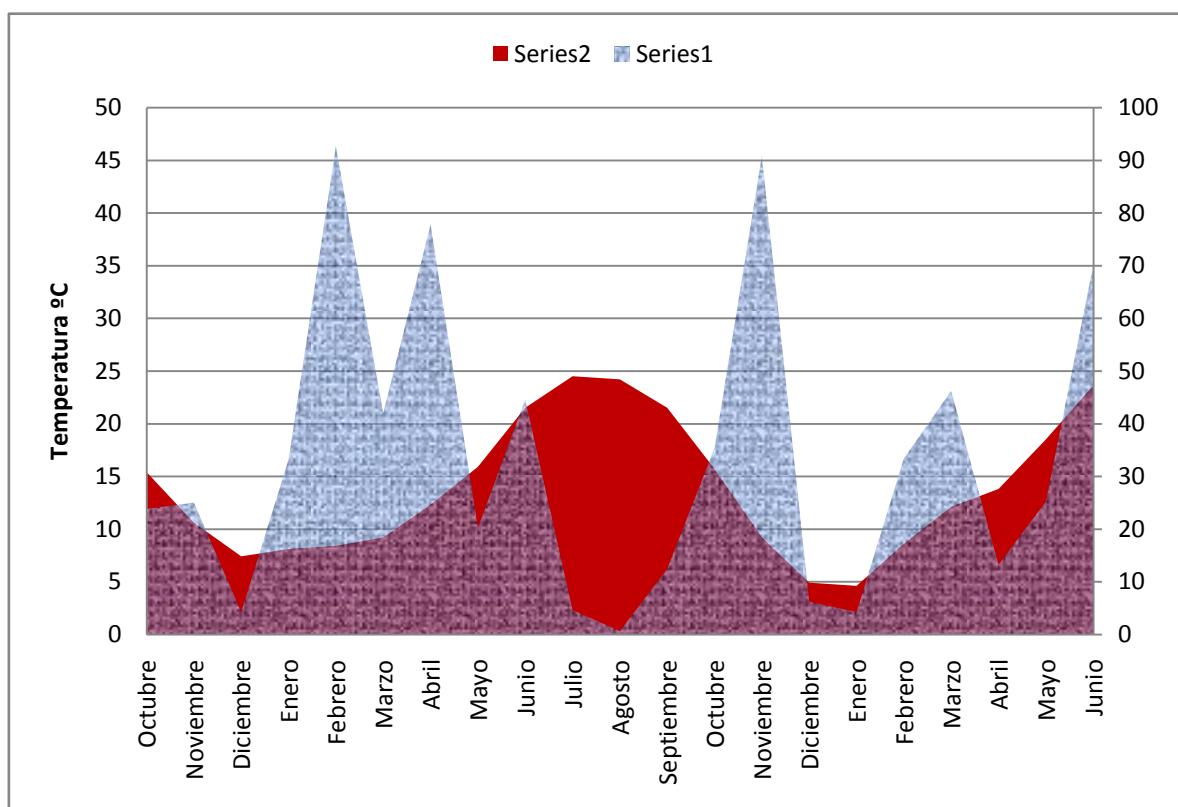


Figura 1. Diagrama ombrotérmico de la estación de Lanaja (serie de datos de diciembre de 2015 a junio de 2017).



3.4. Vegetación

La flora y vegetación actual de los Monegros es de tipo estepario para la depresión propiamente dicha, admitiendo que en ella existió vegetación arbórea (Braun *et al.*, 1957), que en el presente se mantiene de forma relítica (Sobrino *et al.*, 1998). La formación vegetal más amplia de la sierra, debido a la baja precipitación y los suelos de tipo caliza o margas, son las plantas xerófitas. De las formaciones más características en la zona de estudio, encontramos que en los taludes abundan los matorrales termófilos, que pueden soportar elevadas temperaturas, especialmente la coscoja (*Quercus coccifera*), el romero (*Rusmarinus officinales*), tomillo (*Thymus vulgaris*), sisallo (*Salsola vermiculata*), retama (*Retama sphaerocarpa*), entre otras (DGA, 2010).

Possiblemente el carboneo produjo una gran deforestación de la sierra en el siglo XVIII, en palabras del naturalista Jordán de Asso “esta cordillera estuvo muy poblada de pinares y carrascales, que suministraban abundante materia para carbón, pero hace algunos años que los cortes hechos incontroladamente han disminuido en gran parte aquellos bosques”. Pero es en el siglo XIX cuando la sierra sufre la mayor deforestación, debido a la expansión de la agricultura, el pastoreo y la necesidad de abastecimiento de leñas (Ruiz, 2015).

3.5. Fauna

Destacan las rapaces forestales mediterráneas, el milano negro (*Milvus migrans*), y pequeños núcleos meridionales de milanos reales (*Milvus milvus*), abundante presencia del águila culebrera (*Circaetus gallicus*) y águila calzada (*Hieraetus pennatus*). Y una población regresiva, años atrás muy importante, del alimoche (*Neophron percnopterus*) (Os monegros, 2015).

Habitan la sierra gran cantidad de insectos, arácnidos de los que cabe destacar la tarántula (*Lycosa tarantula* y *Lycosa radiata*), y el escorpión amarillo o alacrán (*Buthus occitanus*), encontramos ranas, sapos, lagartos y culebras por las balsas. Los mamíferos son más difíciles de observar: zorros, jabalíes, conejos, liebres, jinetas, tejones y recientemente han sido vistos ciervos y corzos (Os monegros, 2015).

3.6. Usos y calidad del suelo

Los usos agrícolas y ganaderos tradicionales han sido las principales actividades en la zona. Actualmente la ganadería se encuentra en regresión y son

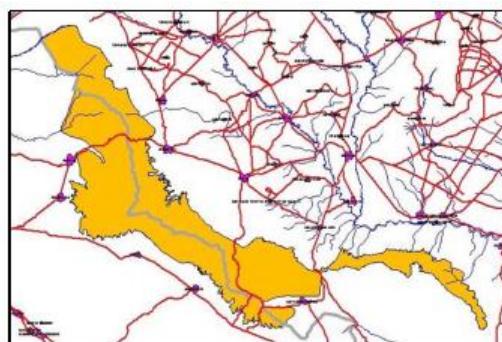
contados los rebaños que todavía pastan por la sierra. El cultivo de cereal en las zonas marginales (bancales) también se ha reducido, intensificándose en las zonas más fácilmente mecanizables (Os monegros, 2015).

En cuanto a la calidad del suelo y su uso a lo largo de los años, cabe destacar la problemática del mismo debido a las condiciones naturales y climáticas a las que ha sido expuesto históricamente. El intenso aprovechamiento agrícola, ganadero y forestal causado por la acción antrópica ha provocado la actual degradación del suelo haciendo que la capacidad de resiliencia del mismo se encuentra en el límite. En la actualidad apenas existe una cobertura vegetal natural, que junto con el suelo fino y pobre en nutrientes, hace que resulte difícil su recuperación natural (Os monegros, 2015).

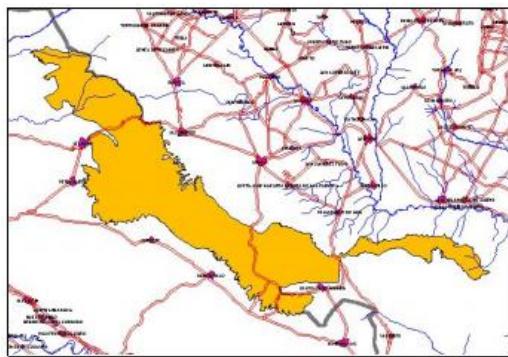
3.7. Figuras de protección del medio natural

La Sierra de Alcubierre se encuentra incluida en la Red Natura 2000 y en base a la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, el enclave natural está declarado como zona ZEPA (ES0000295) de la Sierra de Alcubierre y LIC (ES2410076) de la Sierra de Alcubierre y Sigena (Mapas 2 y 3). Es un espacio que mantiene una importante masa forestal de *Pinus halepensis* con *Juniperus thurifera* y matorral gipsófilo en el piedemonte, además de ser refugio y hábitat para diferentes poblaciones de aves. La fauna es abundante, y resulta lugar de paso de grandes rutas migratorias de aves, además de poseer una importante biodiversidad de insectos, arácnidos, reptiles y mamíferos.

En la sierra existe un plan de recuperación de especies, que engloba también el área de estudio de este trabajo, del águila-azor perdicera (*Hieraaetus fasciatus*), especie que se encuentra catalogada como en peligro de extinción en Aragón y como vulnerable en España.



Mapa 2. Zona LIC de la Sierra de Alcubierre y Sigena. Fuente: Gobierno de Aragón (2000).



Mapa 3. Zona ZEPA de la Sierra de Alcubierre. Fuente: Gobierno de Aragón (2000).

3.8. Descripción de las áreas de actuación

La selección de las unidades ambientales en las que se han realizado y estudiado las plantaciones del proyecto de Árboles para Siempre, han sido clasificadas por Righetti (2016), y se encuentran descritas en el Plan de Restauración y Conservación para la finca incluida en el acuerdo de Custodia del Territorio. De las cuales, en este trabajo se estudian:

- Laderas de umbría: se trata de las laderas de exposición principal al norte, desde las crestas hasta los fondos de vega. Por su posición, se trata de áreas más protegidas de la radiación solar, donde la humedad permite un mayor desarrollo de la vegetación que en otras unidades. A pesar de haber sido áreas intensamente aprovechadas por el ganado y para la extracción de madera, se observa una buena regeneración natural, con un suelo parcialmente cubierto de vegetación, predominando las herbáceas como el lastón (*Brachypodium retusum*) y el matorral, siendo las especies más representativas el romero (*Rosmarinus officinalis*), la coscoja (*Quercus coccifera*) y la aliaga (*Genista scorpius*). Además están creciendo especies arbóreas representadas por la encina (*Quercus ilex*) el quejigo (*Quercus faginea*) y el pino (*Pinus halepensis*), generalmente de forma dispersa, e incluso comenzando a formar algún bosquete.

- Laderas de solana: las laderas opuestas a las umbrías, con plena exposición hacia el sur, se encuentran muy desprovistos de vegetación, creciendo de forma dispersa aquellas especies más resistentes a la sequía, como el romero (*Rosmarinus officinalis*). En las partes más bajas de las laderas, en las vaguadas, y en las microladeras de exposiciones más protegidas, se aprecia una densidad de vegetación superior que en el resto de la ladera.

- Piedemonte: se trata de las zonas más llanas situadas justo al pie de las laderas de la sierra, donde se produce un brusco cambio de pendiente, siendo áreas



receptoras de un flujo de elementos naturales (agua, semillas, sedimentos, etc.) generado por la fuerza de la gravedad. En función de la ladera que existe por encima, las características de estas unidades serán diferentes. En muchos casos son las zonas ocupadas por los pinares de repoblación, en otros casos denota el aporte de materiales finos erosionados, posibilitando en mayor o menor medida el desarrollo de la cubierta vegetal.

4. Material y métodos

Para la realización del presente TFG se llevaron a cabo seis actividades principales: análisis de las actuaciones previas de reforestación, análisis y revisión bibliográfica del área de estudio, trabajo de campo, análisis estadístico de los resultados, fotointerpretación y digitalización de la plantación y redacción de la memoria final.

A continuación, se explica cómo se ha actuado en cada apartado para la obtención de los resultados de acuerdo a los objetivos fijados previamente, así como el material y demás datos que se han considerado oportunos.

4.1. Análisis de las actuaciones previas de reforestación

Para la realización del proyecto de plantación, la Fundación Árboles para Siempre pactó una Custodia del Territorio con el Ayuntamiento de Alcubierre, en la que se cedían unos terrenos dentro del propio término municipal. La empresa RECO Restauración Ecológica y Medio Ambiente, de la que Lila Righetti Coutet está al frente, fue la que realizó el Plan de Restauración y Conservación para la finca incluida en el acuerdo de Custodia del Territorio en marzo de 2016, guía que ha sido seguida por la Fundación Árboles para Siempre a lo largo de las labores de plantación y otras actuaciones de restauración llevadas a cabo.

La metodología usada en las etapas de la plantación ha sido:

- Plantación:

La primera plantación en el Terreno de Custodia se llevó a cabo el domingo 18 de octubre de 2015. Posteriormente se realizaron jornadas de plantación, repuesta de marras, riego así como las diversas labores propias del campo, casi todos los domingos desde que comenzó la primera plantación. Las especies seleccionadas para la plantación son autóctonas y características de la zona, con el objetivo de aumentar el éxito de la supervivencia sin causar un impacto negativo tanto para la vegetación como para la fauna que habita en el lugar. La sabina albar (*Juniperus thurifera*) y la encina (*Quercus ilex spp. rotundifolia*), han sido las especies seleccionadas para esta primera plantación debido a su alta resistencia a las condiciones ambientales, en las que la tolerancia al frío y la sequía hacen de estas especies las adecuadas para soportar las condiciones extremas del lugar.



La plantación ha sido realizada por fases, según lo han permitido tanto la disponibilidad de la planta como las jornadas de plantación.

En el Anexo 2 “Operaciones en un día de plantación”, se muestran las pautas propuestas por el Plan de Restauración para la finca, donde se recogen la metodología propuesta y las buenas prácticas en una jornada de plantación. Estas actuaciones consisten en preparar el material necesario, su transporte a la zona de plantación y puesta en tierra de plantones. Al inicio, los protectores instalados en cada uno de los plantones fueron de tipo tubex, de los cuales una parte de ellos fueron posteriormente, sustituidos por protectores de malla de forma aleatoria, con el fin de poder comparar su eficacia.

Las acciones más importantes que se han tenido en cuenta son:

- Mantener una distancia mínima por lo general de 6 metros entre plantones sin marcos regulares.
- Realizar las plantaciones de forma manual.
- Respetar la vegetación existente adaptando las plantaciones a la misma.
- Seleccionar los microambientes o puntos más favorables para cada plantón.
- Plantar en todas las unidades ambientales *Juniperus thurifera* y *Quercus ilex* spp. *rotundifolia*, primera y segunda especie arbórea más representativa del lugar, respectivamente.

Todos los plantones son procedentes del vivero de la DGA “La Escalereta”, situado en Gurrea de Gállego.

- Riego:

A través de la fundación, se ha realizado como mínimo un riego al mes, exceptuando los meses de mucho frío en invierno en los que no se realizó ninguno, y los meses de verano, que cuando el calor ha resultado muy intenso, se han realizado dos riegos.

Estos riegos, al principio se realizaban a mano con garrafas que se llevaban en el coche, hasta que se adquirió un camión cisterna, con el cual se aporta un mínimo de 20-30 litros por planta y riego, tal y como se estipula en el Anexo 2.

El riego se ha efectuado a primeras horas de la mañana para evitar la evaporación intensa del agua.

- Abonado:

En las primeras plantaciones se añadió estiércol a los plantones. A posteriori, se puso mulching 2 o 3 veces en todos los plantones, según si se mantenía o no. Dicho mulching está compuesto de cortes de césped, hojas de árboles y en general, de restos de jardinería. Nunca se ha usado abono sintético.

- Reposición de marras:

Se han ido reponiendo marras conforme se han ido encontrando en la misma salida o en su defecto, en la siguiente. Las marras que han sido retiradas y cambiadas por plantones nuevos una vez comenzado el análisis de supervivencia de este trabajo, se han considerado como muertas desde el momento en que se identificaron.

- Voluntariado:

Las jornadas de plantación y/o riego, han sido llevadas a cabo por los componentes de Árboles para Siempre junto con la ayuda de voluntarios. Todos los voluntarios tuviesen o no experiencia en el sector, fueron debidamente informados y equipados para que adquiriesen un adecuado conocimiento y así alcanzar el éxito en la tarea a desempeñar correspondiente a cada uno. Además, se daban nociones de educación ambiental y del medio en el que se encuentra la plantación.

4.2. Análisis y revisión bibliográfica del área de estudio

En primer lugar, para poder comenzar este trabajo se realizó una búsqueda de toda la información relevante del área de estudio. Primero, se recabó información de la Comarca de los Monegros a nivel general, y luego, más específicamente, de la Sierra de Alcubierre para concretar así el estudio de la zona donde se realizó la plantación.

Para la revisión bibliográfica se han usado como referencia los distintos autores que presentan estudios con cierta relevancia significativa para el presente trabajo, así como el Plan de Restauración y Conservación que se realizó previamente de la zona de estudio. Además, se han utilizado como buscadores bibliográficos Dialnet, Alcorze, Google, Google Académico y como gestor de referencias y citas bibliográficas el programa Mendeley.



4.3. Trabajo de campo

A lo largo de la realización del trabajo, se han programado varias salidas de campo para visitar el área de estudio y realizar así la toma de datos pertinentes para el posterior análisis de los datos.

4.3.1. Identificación de las distintas unidades ambientales

El objetivo de la primera salida al campo fue observar y analizar detenidamente el área de estudio con el fin de identificar las distintas unidades ambientales, donde se había llevado a cabo la plantación. El propósito, era realizar una comparativa de la supervivencia de la plantación dependiendo de las características propias de cada unidad ambiental, así como las de cada especie plantada en ellas. Con ello, se dividió el área de estudio en 6 unidades ambientales y en las posteriores salidas se procedió al análisis y muestreo de cada una de ellas. En el 4 “Fotos”, pueden verse las fotos de cada unidad ambiental.

La identificación de las distintas unidades que se incluyen en área de estudio, se ha realizado mediante un método observacional de manera cualitativa, donde se han tenido en cuenta los criterios siguientes; forma del relieve, procesos erosivos, orientación, usos.

4.3.2. Medición in situ de la supervivencia de la plantación

Los muestreos in situ de la plantación se realizaron en cuatro ocasiones, los días 1 de cada mes; junio y septiembre de 2016 y abril y junio de 2017, en los que se contabilizó la supervivencia de la plantación en cada unidad ambiental, se tomaron muestras de suelo, se observó la vegetación y la fauna y todas las demás características necesarias para la consecución de este proyecto.

Estas salidas se llevaron a cabo para poder realizar un análisis posterior de los datos teniendo en cuenta los objetivos fijados previamente. Así pues, se realizó una tabla, en la que, en primer lugar, se indica qué unidad ambiental se analiza. Se marca la especie, si se trata de *Juniperus thurifera* o de *Quercus ilex* spp. *rotundifolia*, se prosigue señalando si cada planta se encuentra viva o muerta y si está plantada en tubex o en malla. Además, también se anotaron las observaciones que se consideraron oportunas en la hoja de muestreo. Dicha tabla se adjunta en el Anexo 1 “Tablas”, junto con los datos de campo.



Para evitar la repetición del conteo de un mismo plantón, se utilizaron distintos sprays de colores, con los que se marcaban en un lado de la malla o tubex, los plantones ya contados.

4.3.3. Toma de muestras de suelo

Se llevó a cabo una toma de muestras del suelo que se mandó a analizar al laboratorio agroambiental del Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad del Gobierno de Aragón. Los resultados del laboratorio se encuentran en el Anexo 3 “Resultados de las muestras de suelos”, así como un pequeño análisis de los mismos.

Para la toma de muestras, se realizó un muestreo aleatorio en el que se recogió 1 muestra compuesta de cada una de las unidades ambientales.

Se escogió un muestreo aleatorio compuesto dado que el paisaje presenta unas características uniformes y con gran homogeneidad a lo largo de cada unidad ambiental, donde se ha asumido que el valor que se obtiene de la muestra compuesta presenta una estimación válida de la media que se hubiese obtenido promediando los resultados de las muestras que lo componen. Las muestras se recogieron en bolsas de plástico debidamente identificadas donde se vertieron cantidades iguales de cada muestra contribuyente a la muestra compuesta de, aproximadamente, 1kg. Para recogerlas se utilizó una azada para retirar el suelo superficial hasta crear un agujero de 30-40 cm de profundidad y a continuación una pala para recoger la muestra de suelo que queríamos analizar.

4.4. Análisis estadístico de los resultados

Con el programa de Office Excel de Windows, se ha realizado el tratamiento de los datos creando las diversas tablas en las que se recabó toda la información extraída de la toma de datos en campo. Estas tablas son las que se han utilizado posteriormente para los análisis de la supervivencia según los objetivos propuestos.

Se ha realizado el estudio de la supervivencia de la plantación global y final en junio de 2017, así como se han analizado los efectos del estiaje (meses de junio a septiembre) y de los meses fríos (meses de septiembre a abril), y se han considerado diferentes factores que afectan a la supervivencia. Los análisis de supervivencia que se han efectuado son:

- Supervivencia de la plantación al final del estudio y a lo largo del tiempo.
- Supervivencia de la plantación según el uso de protectores.



- Supervivencia de la plantación según la unidad ambiental.
- Supervivencia de la plantación según la forma del relieve (unidades importadoras frente a unidades exportadoras).
 - o Unidades importadoras: 1, 5 y 6.
 - o Unidades exportadoras: 2, 3 y 4.
- Supervivencia de la plantación según la conductividad eléctrica del suelo (unidades de <0,4 dS/m frente a unidades de $\geq 0,4$ dS/m de conductividad eléctrica en el suelo).
 - o Unidades con una conductividad baja en el suelo <0,4 dS/m: 2, 4, 5 y 6.
 - o Unidades con una conductividad normal a alta en el suelo $\geq 0,4$ dS/m: 1 y 3.
- Supervivencia tras el estiaje y el periodo otoño invernal de la plantación, en los que se han analizado la supervivencia global al final del estudio, por unidades ambientales y según la forma del relieve.

Una vez realizadas las gráficas, se ha procedido a los análisis estadísticos.

Para la realización de los análisis estadísticos se ha utilizado el programa IBM SPSS Statistics versión 22.0 (IBM Corp., 2013).

Debido al bajo tamaño muestral y a que la distribución de los datos del seguimiento de la supervivencia de la plantación no cumple con la hipótesis de normalidad, se aplicaron análisis de varianza para datos no paramétricos para dos muestras independientes, utilizando la prueba estadística U de Mann-Whitney.

4.5. Fotointerpretación y digitalización de la plantación

Para la parte del trabajo en el que se ha utilizado un Sistema de Información Geográfica (SIG) se ha utilizado el software informático de Quantum GIS (QGIS) versión 2.18.4. El material que se ha necesitado ha sido descargado de diversas páginas oficiales de internet y la información necesaria para la creación de los mapas, recabada de las tomas de datos realizadas en el campo.

4.5.1. Digitalización de la plantación

En la última salida al campo, por medio de la aplicación OruxMaps v.7.0.12 para android, se realizó en primer lugar, mediante el visor cartográfico, el trazado de un *track* indicando el camino para la localización de la plantación forestal desde la plaza del pueblo de Alcubierre. Además, se realizaron los seis *tracks* para cada unidad



ambiental donde dentro de cada uno se señalizaron mediante *waitpoints* todos y cada uno de los plantones, identificando en cada *waitpoint* la especie con las mismas características que se señalaban en las tablas de supervivencia de los muestreos. Con estos datos, se ha podido elaborar posteriormente un mapa de la cartografía exacta de la ubicación de cada uno de los plantones y las características concretas que presentaban en el mes de junio de 2017.

4.5.2. Localización digital del área de estudio y descarga de material

En primer lugar, se ha procedido a la localización del área de estudio con el objetivo de proceder a la descarga únicamente del material digital necesario. La descarga de material digital se ha utilizado para el Sistema de Información Geográfica (SIG) y el posterior tratamiento de datos.

Para ello, la obtención de las capas de interés para la realización de los mapas de SIG para su gestión en Quantum GIS (QGIS), se han descargado de las páginas:

- Instituto Nacional Geográfico (IGN)
- Ministerio de Agricultura y pesca. Alimentación y Medio Ambiente (magrama.gob)

Y también se utilizó el visor cartográfico BingAreal.

4.5.3. Edición de mapas

Mediante el programa de SIG, QGIS, se han realizado los mapas de cartografía básica y temática. En el software informático, se estableció el sistema de coordenadas de referencia (SRC) local, ETRS89 25830 para el HUSO30, donde para ARCGIS sería SRC 3042, en la realización de los mapas digitales.

Así, con toda la información recabada, se procedió a la realización de los mapas. Para ello se utilizaron los tipos de cartografía ráster; donde se engloba la información de los datos y las imágenes, y vectorial; donde se engloban las líneas y polígonos que se añadieron de la toma de datos con el programa OruxMaps.

Se creó un *shape* (capa) de cada una de las unidades ambientales, donde en cada una se añadieron los *waitpoints* señalados en cada *track* que se habían realizado en la última salida de campo donde. Y como *in situ* se marcaron, quedan guardadas las especificaciones que se puso de cada *waitpoint*, y con ello, las características de cada planta señalada. Cada especie se marcó de un color distinto para poder



diferenciarlas a simple vista. También se realizó otro *shape* en el que se combinaron todos los *shapes* de las unidades ambientales para tener en uno todos los datos. Estos mapas pueden verse en el Anexo 5 “Mapas”.

4.6. Redacción de la memoria final

En último lugar, se ha realizado la presente memoria final. Primero se han ordenado y explicado todos los datos que se han tomado *in situ* en el campo. Y posteriormente, toda la información recabada se ha trabajado *ex situ* en ordenador; analizando y comparando los resultados obtenidos para alcanzar unas conclusiones finales con el objetivo de poder enfocarlas a las posteriores plantaciones en el mismo área de estudio o de similares características.

5. Resultados

5.1. Identificación de las distintas unidades ambientales.

Las unidades identificadas en las que se ha realizado la plantación y posteriormente el seguimiento de la supervivencia son:

- Unidad ambiental 1: Piedemonte en ladera de solana.
- Unidad ambiental 2: Zona plana en dique de represa.
- Unidad ambiental 3: Plataforma en cultivo abandonado.
- Unidad ambiental 4: Ladera de solana.
- Unidad ambiental 5: Piedemonte en ladera de umbría.
- Unidad ambiental 6: Piedemonte en ladera de umbría cubierto de *Pinus halepensis*.

Se realizó el seguimiento de otra unidad ambiental, catalogada como “cono de deyección en ladera de umbría” en la que se habían plantado diez *Quercus ilex*, la cual al final no se ha incluido en este estudio debido a que recibió un interés y cuidados especiales por parte de la Fundación Árboles para Siempre, para conseguir en ella una unidad de referencia.

5.2. Resultados de la supervivencia de la plantación

En este apartado, se muestran los resultados de supervivencia registrados en el estudio. Se presenta la supervivencia global en el conjunto del área de estudio para el periodo 2015 a 2017, y para los periodos estival y otoño-invernal, así como la supervivencia de cada una de las dos especies introducidas *Juniperus thurifera* y *Quercus ilex spp. rotundifolia* en el conjunto del área para los mismos periodos. También se ha estudiado la supervivencia global y de cada especie según varios factores: en función del tipo de protector utilizado, la unidad ambiental, el tipo de forma de relieve y la salinidad del suelo.

- Supervivencia de la plantación al final del estudio y a lo largo del tiempo:

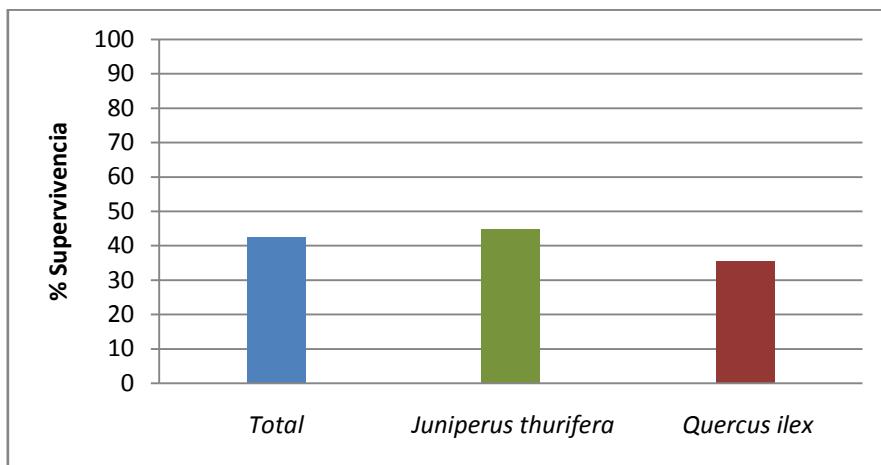


Figura 2. Supervivencia de la plantación en el conjunto del área de estudio en junio de 2017.

A fecha 1 de Junio de 2017, la supervivencia media de las dos especies fue de un 42.5%. *Juniperus thurifera* tuvo una supervivencia del 44.7%, resultando superior a la supervivencia de *Quercus ilex* con un 35.6%.

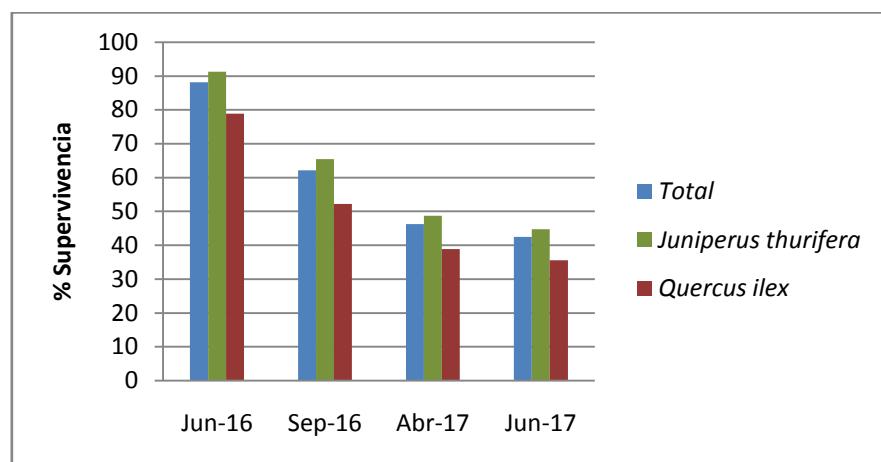


Figura 3. Supervivencia de la plantación en el conjunto del área de estudio a lo largo del tiempo.

A fin de que se visualice con más claridad las diferencias entre las especies, se presentan los resultados de la supervivencia total y de las dos especies en las fechas estudiadas.

- Supervivencia de la plantación según el uso de protectores:

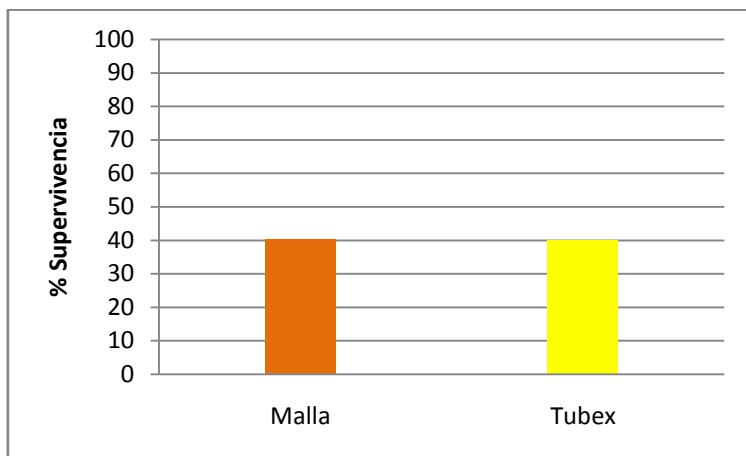


Figura 4. Supervivencia de la plantación según el tipo de protector en el conjunto del área de estudio en junio de 2017.

La figura 4 muestra la media de la supervivencia de las dos especies según el tipo de protector, siendo ésta de un 40,29% en protector tipo malla y de un 39,98% en protector tipo tubex.

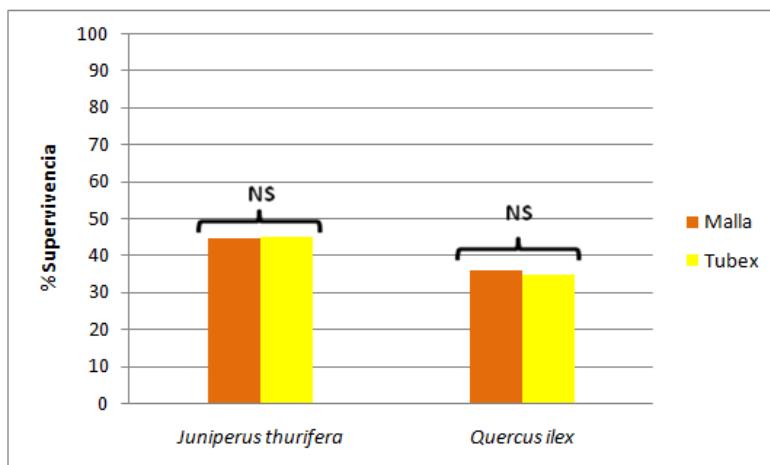


Figura 5. Supervivencia de la plantación por especies según el tipo de protector en el conjunto del área de estudio en junio de 2017.

En la figura 5 se representa la media de la supervivencia de cada especie según el tipo de protector en el que se encuentran. Se aprecia que la supervivencia de cada especie no presenta apenas variación entre los dos tipos de protectores. La supervivencia de *Juniperus thurifera* es mayor en malla que en tubex en un 0.4%, y la supervivencia de *Quercus ilex* es mayor en malla que en tubex en un 1%. Según la prueba de U de Mann-Whitney, las diferencias para la supervivencia según el tipo de protector por especies no son estadísticamente significativas ($p>0.05$). *Juniperus thurifera* ($n=275$) y *Quercus ilex* ($n=90$).

- Supervivencia de la plantación según la unidad ambiental.

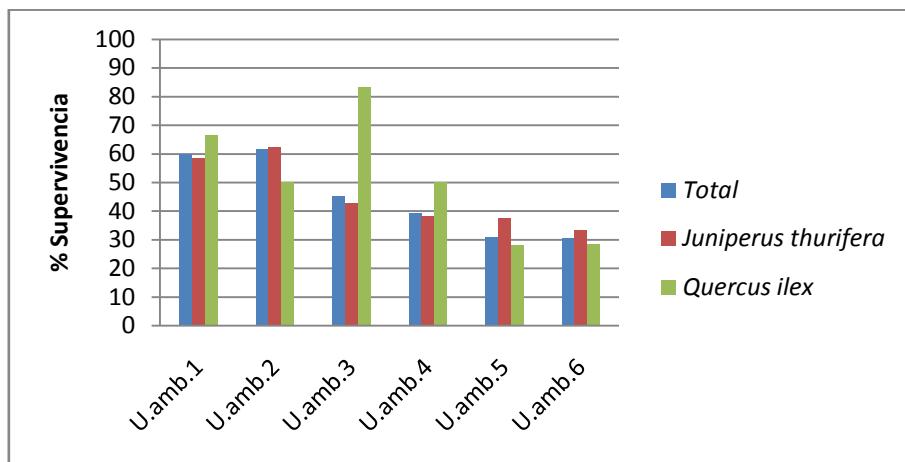


Figura 6. Supervivencia de la plantación en cada unidad ambiental en el conjunto del área de estudio en junio de 2017.

En la figura 6 se presentan los datos de la supervivencia total y de cada especie de la plantación en cada una de las unidades de seguimiento, en junio de 2017. Se puede comprobar que las unidades 1 “Piedemonte en ladera de solana” y 2 “Zona plana en dique de represa”, presentan las tasas más altas y las unidades 5 “Piedemonte en ladera de umbría” y 6 “Piedemonte en ladera de umbría cubierto de *Pinus halepensis*” las más bajas. En la unidad 3 “Plataforma en cultivo abandonado” la supervivencia de *Quercus ilex* es muy elevada, aunque el número de plantones presentes es muy reducido, por lo que este dato influye poco en la tasa de supervivencia global.

- Supervivencia de la plantación según la forma de relieve (unidades importadoras frente a unidades exportadoras).

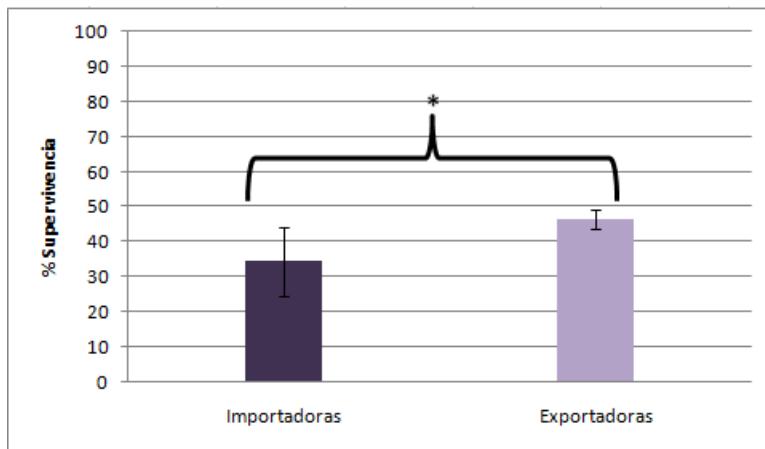


Figura 7. Supervivencia global según la forma de relieve en el conjunto del área de estudio en junio de 2017.

En esta figura se muestra la supervivencia de la plantación al final del muestreo en junio de 2017, según la forma de relieve (unidades importadoras / exportadoras).

Se observa una tendencia de mayor supervivencia en las unidades que son exportadoras, respecto a las unidades ambientales importadoras. La prueba U de Mann-Whitney indica que las diferencias entre ambos tipos de formas son significativas al nivel $p \leq 0.05$ ($n=365$).

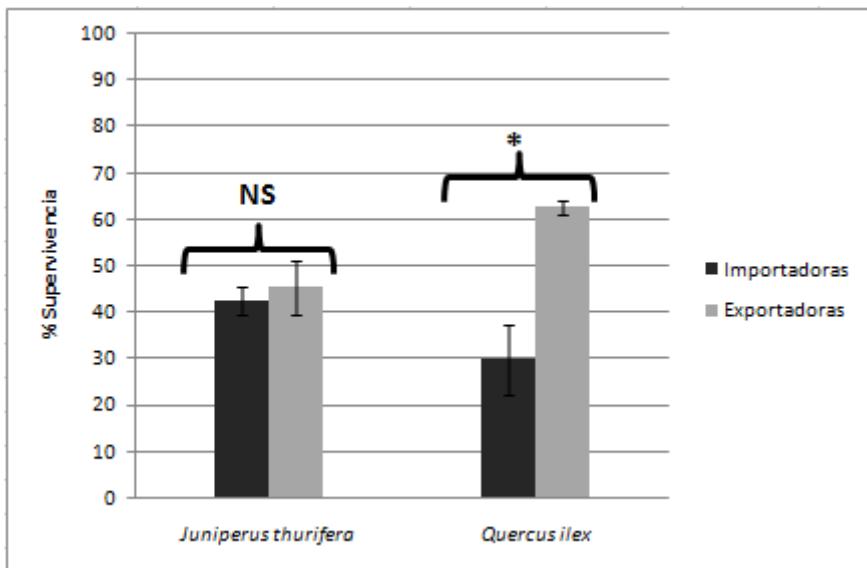


Figura 8. Supervivencia por especies según la forma de relieve en el conjunto del área de estudio en junio de 2017.

La figura 8 muestra la supervivencia de las dos especies en junio de 2017 según la forma de relieve en la que se encuentran. Ambas especies tienen una mayor supervivencia en las unidades ambientales exportadoras que en las importadoras. Los plantones de *Juniperus thurifera* sobrevivieron un 3% más en las unidades exportadoras que en las importadoras. Y los plantones de *Quercus ilex* un 33% más en las exportadoras que en las importadoras. La comparación de la supervivencia según el tipo de relieve por especies, se ha realizado mediante la prueba U de Mann-Whitney. Para *Juniperus thurifera*, esta prueba indica la no existencia de diferencias significativas, donde $p>0.05$ ($n=275$), y para *Quercus ilex*, indica diferencias significativas a nivel $p\leq 0.05$ ($n=90$).

- Supervivencia de la plantación según la conductividad eléctrica del suelo

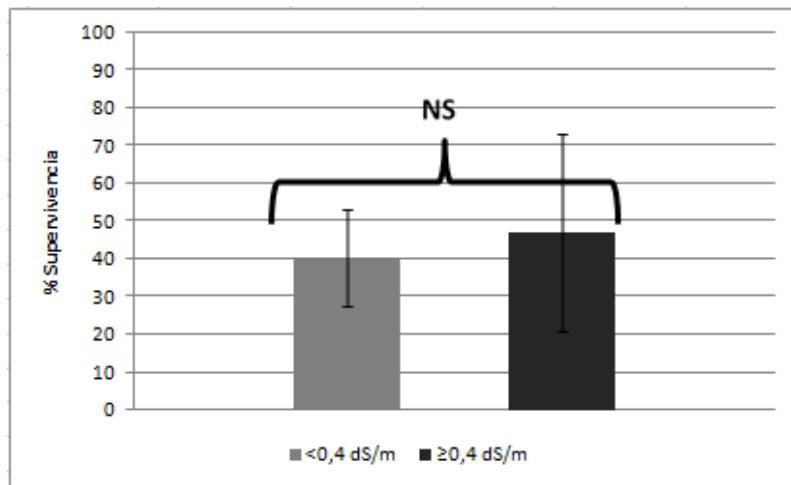


Figura 9. Supervivencia de la plantación según la conductividad del suelo en el área de estudio en junio de 2017.

La figura 9 presenta la supervivencia de la plantación según si la salinidad del suelo es <0.4 dS/m, o ≥0.4 dS/m. En ella, se aprecia que en los suelos con salinidad ≥0.4 dS/m (suelos normales a alta salinidad) la supervivencia es mayor en un 6.7% a la registrad en los suelos con salinidad <0.4 dS/m (suelos de baja salinidad). No obstante, la prueba U de Mann-Whitney indica la no existencia de diferencias significativas ($p >0.05$) ($n=365$).

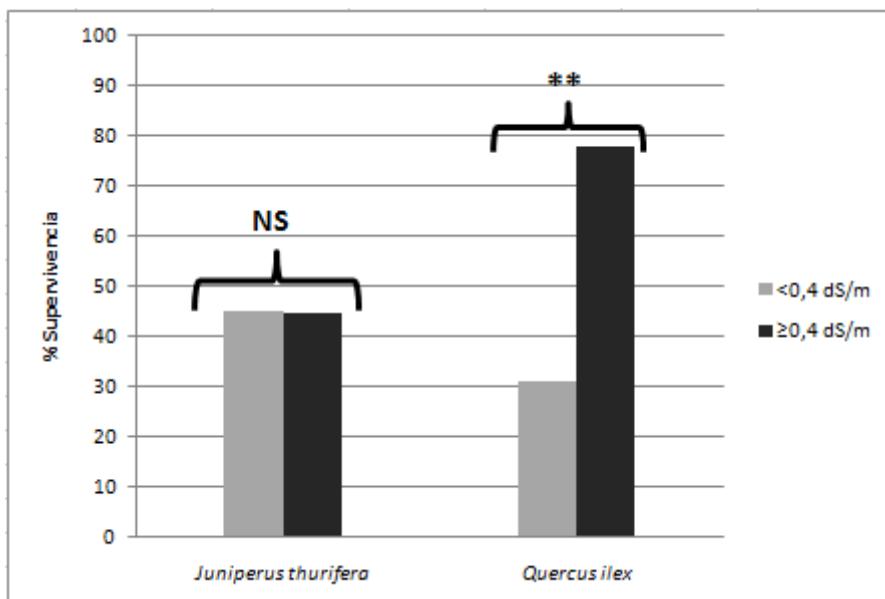


Figura 10. Supervivencia por especies según la salinidad del suelo en el conjunto del área de estudio en junio de 2017.

En la figura 10 se muestra la supervivencia de las dos especies según la salinidad del suelo. La supervivencia de *Juniperus thurifera* tan sólo aumenta un 0.5%

en las unidades con una salinidad ≥ 0.4 dS/m respecto a las unidades con una salinidad < 0.4 dS/m, mientras que la supervivencia de *Quercus ilex* aumenta un 47% en las unidades con una salinidad ≥ 0.4 dS/m respecto a las unidades de menor salinidad. La comparación de la supervivencia según la concentración de salinidad por especies, se ha realizado mediante la prueba U de Mann-Whitney. Para *Juniperus thurifera* no hay diferencias significativas $p>0.05$ ($n=275$), mientras que para *Quercus ilex* existen diferencias significativas a nivel $p\leq 0.01$ ($n=90$).

- Tras el periodo de estiaje. Meses de junio a septiembre de 2016.

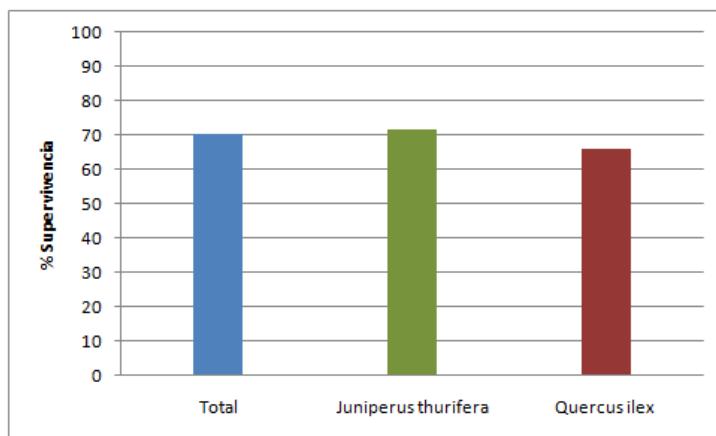


Figura 11. Supervivencia de la plantación entre junio de 2016 y septiembre de 2016.

En la figura 11Figura 11. Supervivencia de la plantación entre junio de 2016 y , se muestra el efecto del estiaje en el primer verano del 2016, comparando los muestreros realizados en junio y septiembre de ese año y no los totales. Se ve cómo el estiaje ha provocado una mortandad con una tendencia similar en los plantones de las dos especies.

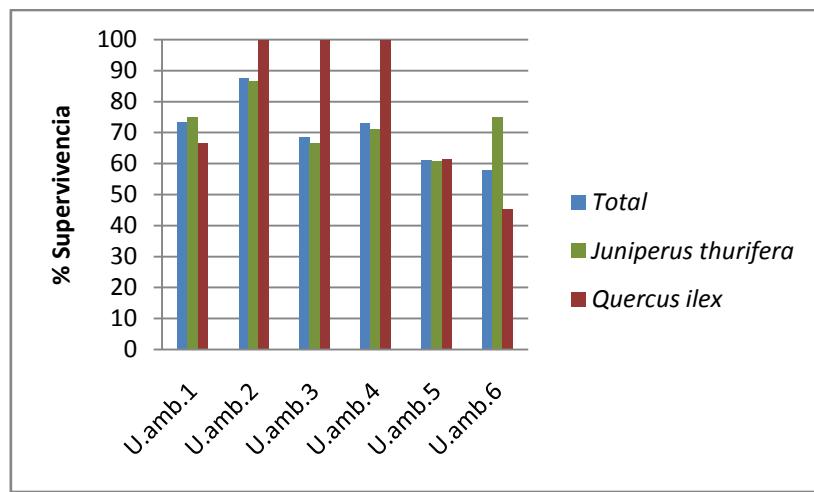


Figura 12. Supervivencia global de las distintas unidades ambientales en el conjunto del área tras el estiaje de entre junio y septiembre de 2016.

La figura 12 muestra la supervivencia de la plantación en cada unidad ambiental tras el estiaje de 2016. La unidad 2 da la tasa de supervivencia más elevada para *Juniperus thurifera* (12.5% de marras) y es en la unidad 6 en la que presenta más marras (37.5%).

En cuanto a la tasa de marras de *Quercus ilex*, se observa que en las unidades ambientales 2, 3 y 4 no se ha producido mortandad y es la unidad 6, con un 42.86%, la que más muertes de plantones ha presentado.

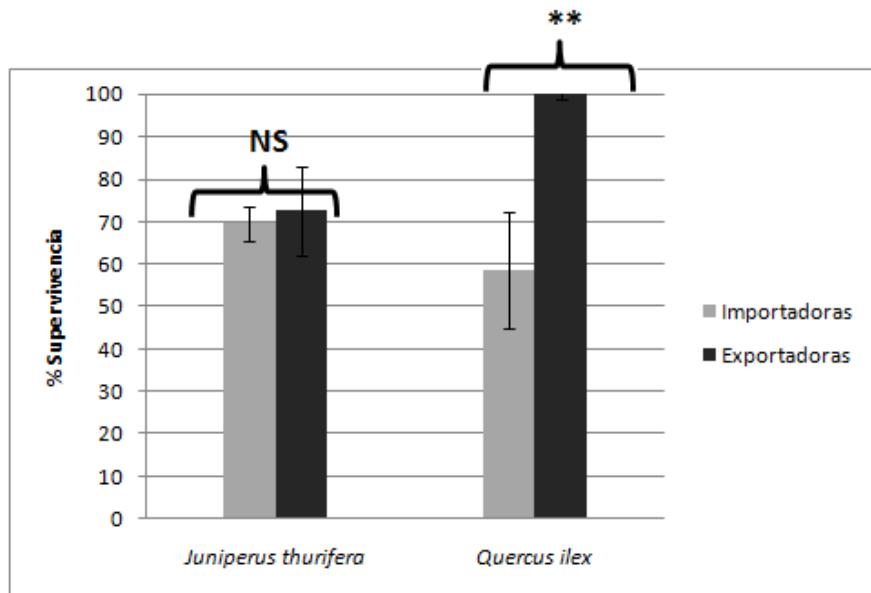


Figura 13. Supervivencia de la plantación según el tipo de relieve tras el estiaje de entre junio y septiembre de 2016.

En la figura 13 se refleja la tasa de supervivencia de cada especie según el tipo de relieve, tras el estiaje. Para *Juniperus thurifera*, la supervivencia ha sido un 3% superior en las unidades exportadoras que en las importadoras, mientras que para

Quercus ilex la supervivencia en las unidades exportadoras ha sido del 100% y en las importadoras del 58%. La comparación de la supervivencia de cada especie según el tipo de relieve se ha realizado mediante la prueba U de Mann-Whitney, que indica que para Juniperus thurifera no existen diferencias significativas $p>0.05$. Para Quercus ilex existen diferencias a nivel $p\leq0.01$.

- Tras el periodo otoño invernal. Meses de septiembre de 2016 a abril de 2017.

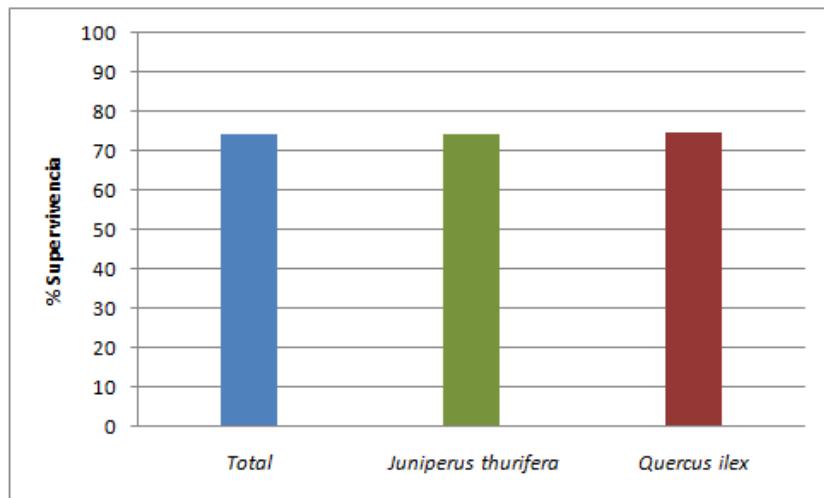


Figura 14. Supervivencia de la plantación en el área de estudio tras el periodo otoño invernal de entre septiembre de 2016 y abril de 2017.

En la figura 14, se muestra el efecto del otoño e invierno de entre septiembre de 2016 y abril de 2017, el cual ha provocado una mortandad de similar magnitud en las dos especies.

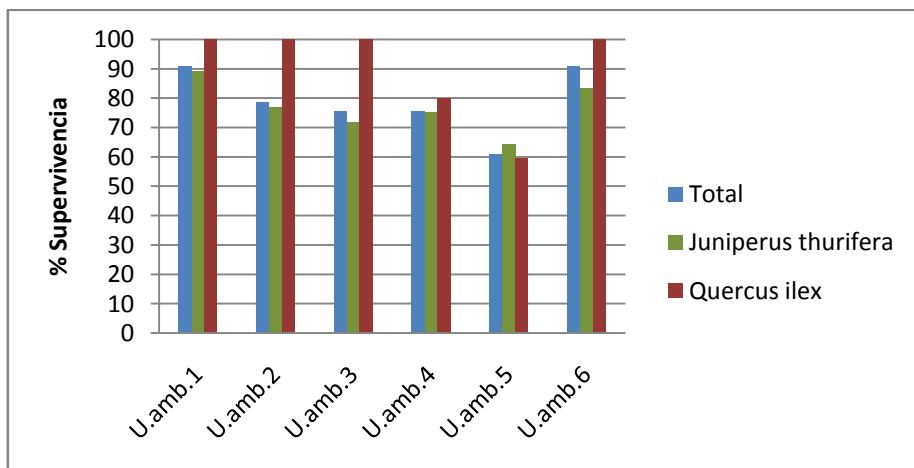


Figura 15. Supervivencia de la plantación según las unidades ambientales en el área de estudio tras el periodo otoño invernal de entre septiembre de 2016 y abril de 2017.

La figura 15 muestra la tasa de supervivencia de la plantación en cada unidad ambiental tras el otoño e invierno de entre septiembre de 2016 y abril de 2017. En ella se observa cómo han sido las unidades 1 y 6 con un 90% de supervivencia en las que más ha sobrevivido la plantación, y la unidad 5, con un 61% de supervivencia en la que más mortandad se ha producido. Por especies, *Juniperus thurifera* ha presentado una mayor supervivencia en la unidad 1 con un 88.9%, y una menor supervivencia en la unidad 5 con un 64.3%. En cuanto a la tasa de supervivencia de *Quercus ilex*, en las unidades 1, 2, 3 y 6 no han presentado mortandad, siendo la unidad 5, la que mayor mortalidad ha tenido con un 17%

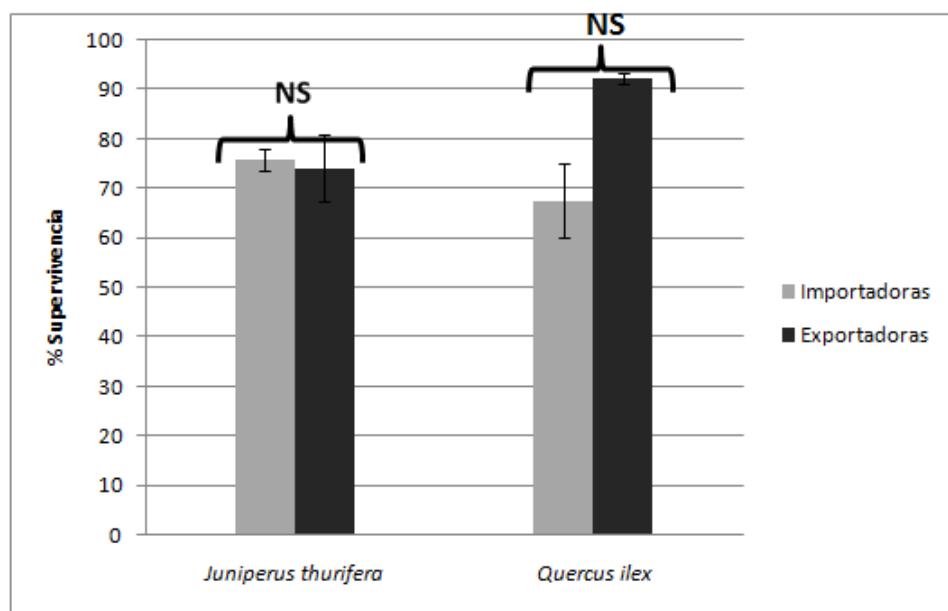


Figura 16. Supervivencia de la plantación según el tipo de relieve en el área de estudio tras el periodo otoño invernal de entre septiembre de 2016 y abril de 2017.

La figura anterior, refleja la supervivencia de la plantación por especies según el tipo de relieve tras el periodo otoño invernal de 2016 y 2017. La supervivencia de *Juniperus thurifera* ha resultado muy similar según el tipo de relieve, siendo un 1,5% superior en las unidades importadoras que en las exportadoras. Para *Quercus ilex*, la supervivencia en las unidades exportadoras ha resultado superior en un 24.5% que en las unidades importadoras. La comparación de la supervivencia de cada especie según la forma del relieve, se ha realizado mediante la prueba de U de Mann-Whitney e indica la no existencia de diferencias significativas para la supervivencia de cada especie según la forma del relieve ($p>0.05$).

- Comparativa de la supervivencia de las especies según los dos periodos críticos de la plantación.

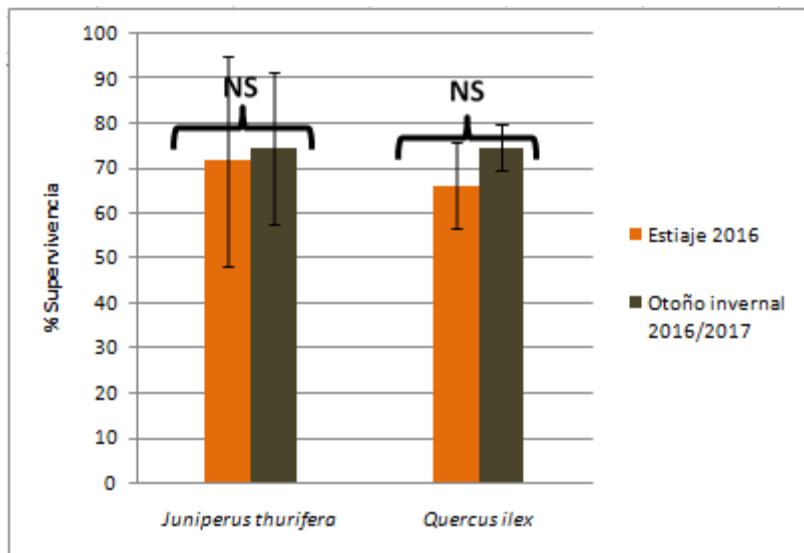


Figura 17. Supervivencia de la plantación según los distintos períodos en el conjunto del área de estudio entre junio y septiembre de 2016 y entre septiembre de 2016 y abril de 2017.

A fin de poder realizar una comparativa más visual de la supervivencia por especies en los períodos críticos para la plantación; el estiaje y los meses de frío, se ha hecho esta gráfica. Se aprecia cómo la supervivencia para *Juniperus thurifera* para el estiaje y los meses fríos ha tenido tan sólo un 3% de diferencia sobreviviendo más plantones en el periodo otoño invernal. Para *Quercus ilex* el periodo otoño invernal ha presentado un 8% más de supervivencia que el estiaje. La comparación de la supervivencia de cada especie según los períodos críticos de la plantación, se ha realizado mediante la prueba U de Mann-Whitney, que indica la no existencia de diferencias significativas ($p>0.05$).

- Características del suelo según las forma de relieve

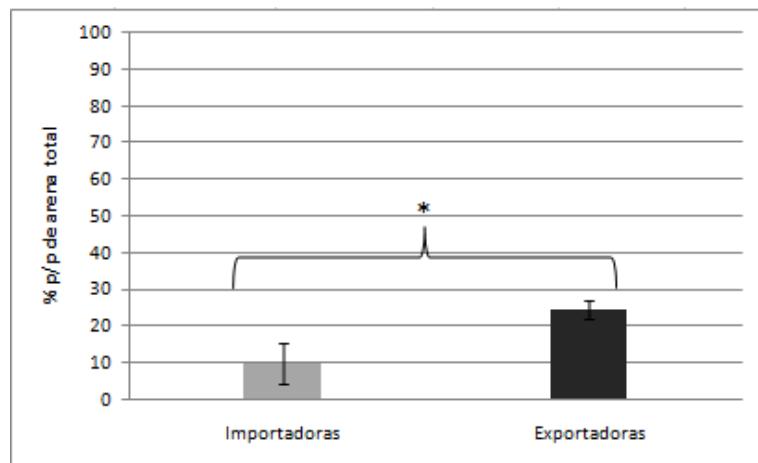


Figura 18. Contenido de arena total del suelo según la forma del relieve.

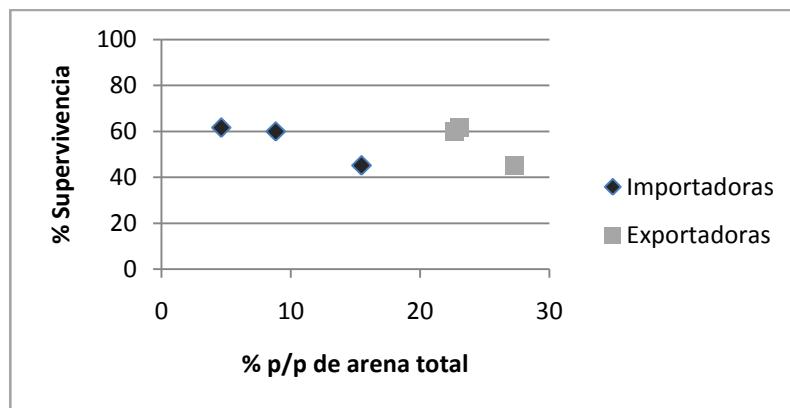


Figura 19. Supervivencia en función del contenido de arena total según la forma del relieve.

La figura 18 indica que el contenido en arena total del sustrato en las unidades exportadoras casi triplican al de las unidades importadoras, siendo esa diferencia estadísticamente significativa al nivel $p > 0.05$.

La figura 19, sin embargo, apunta a que las diferencias en el contenido en arena total no van asociadas a diferencias en la tasa de supervivencia total.

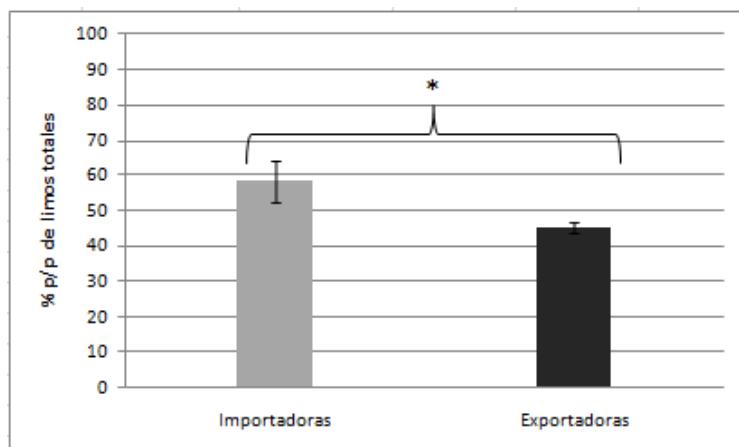


Figura 20. Contenido de limos totales según la forma del relieve.

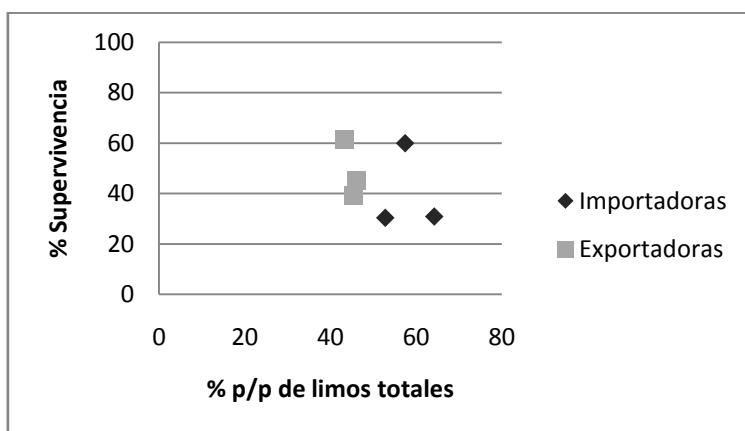


Figura 21. Supervivencia en función del contenido de limos totales según la forma del relieve.

La figura 20 muestra que las unidades importadoras presentan un contenido en limos totales un 14% superior respecto a las unidades exportadoras, siendo esa diferencia estadísticamente significativa a nivel $p > 0.05$.

La figura 21, refleja que las diferencias en el contenido en limos totales no van ligadas a diferencias en la tasa de supervivencia total.

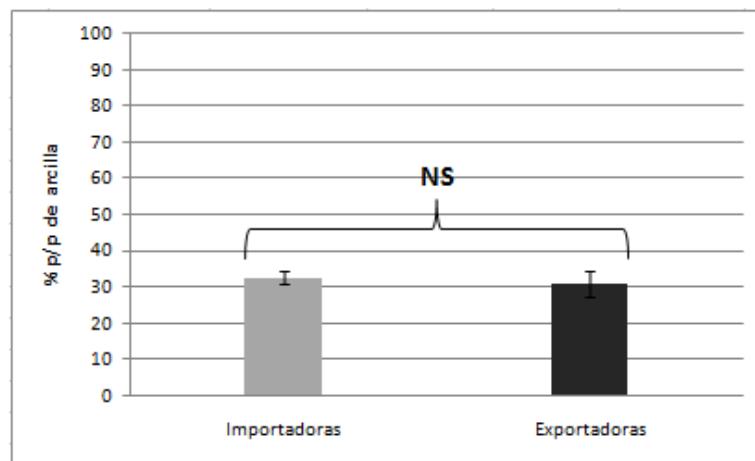


Figura 22. Contenido de arcilla según la forma del relieve.

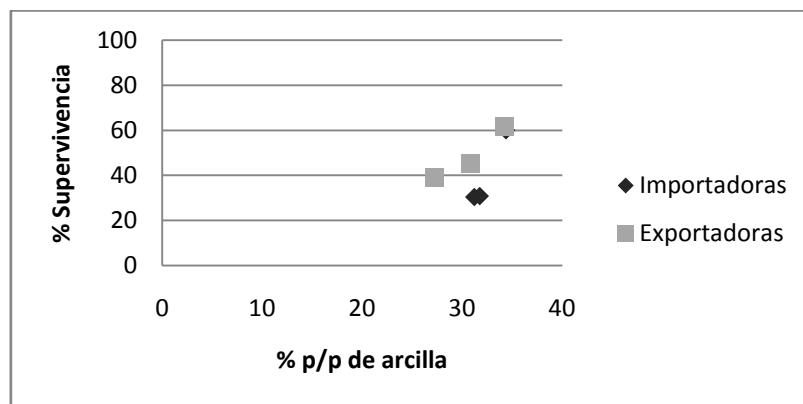


Figura 23. Supervivencia en función del contenido de arcilla según la forma del relieve.

La figura 22, muestra que el contenido en arcilla es similar en las unidades importadoras y exportadoras, sin presentar diferencias significativas a nivel $p>0.05$.

La figura 23, indica que las diferencias en el contenido en arcilla no van asociadas a las diferencias en la tasa de supervivencia total.

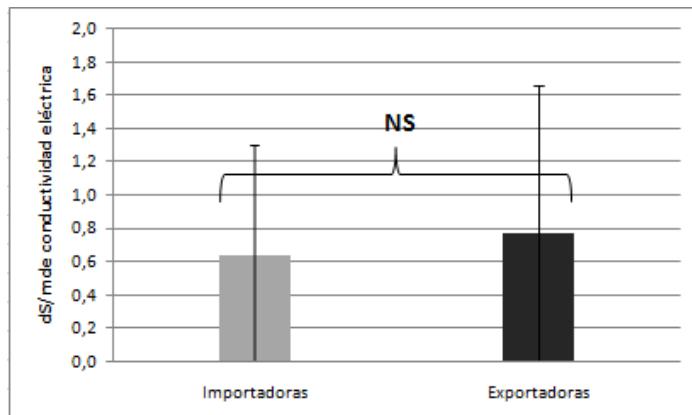


Figura 24. Contenido de salinidad en dS/m según la forma del relieve.

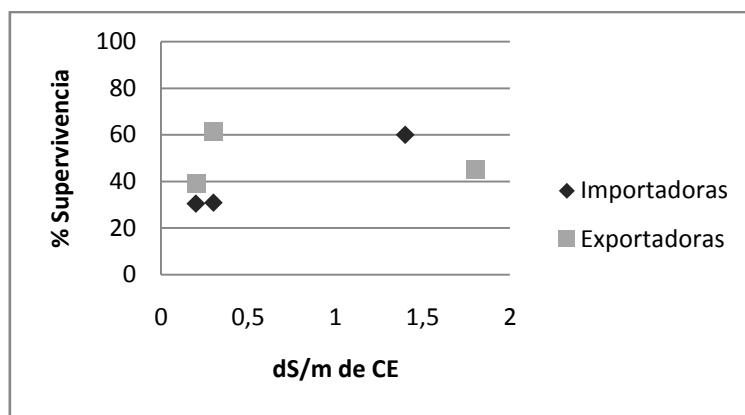


Figura 25. Supervivencia en función del contenido de conductividad eléctrica según la forma del relieve.

La figura 24 muestra que el contenido en salinidad de las unidades exportadoras es un 0.14% superior que en las unidades importadoras, siendo esta diferencia no significativa ($p>0.05$).

La figura 25, indica que las diferencias en el contenido de salinidad no van asociadas a las diferencias en la tasa de supervivencia total.

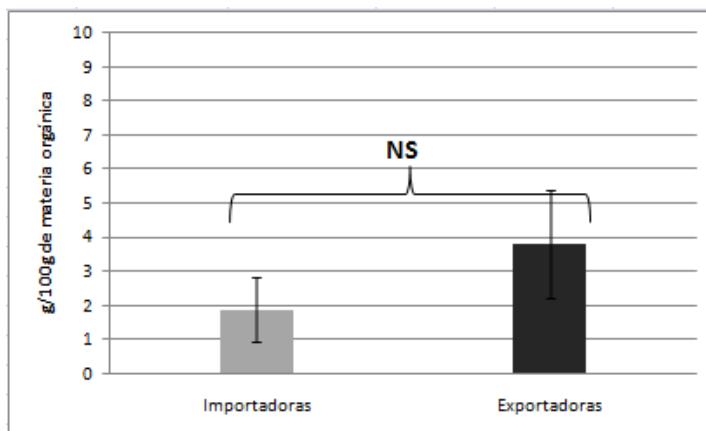


Figura 26. Contenido de materia orgánica en g/100g según la forma del relieve.

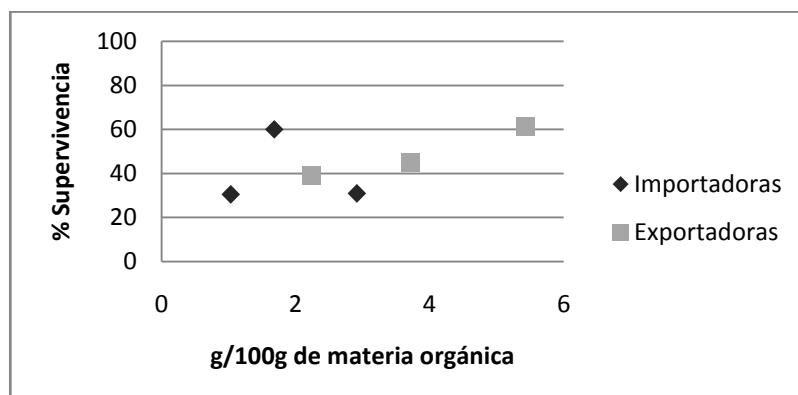


Figura 27. Supervivencia en función del contenido de materia orgánica según la forma del relieve.

La figura 26, refleja que el contenido en materia orgánica en las unidades exportadoras es casi el doble que en las importadoras, aunque no resultan diferencias significativas ($p>0.05$).

La figura 27, indica a que las diferencias en el contenido de materia orgánica no van asociadas a diferencias en la tasa de supervivencia total.

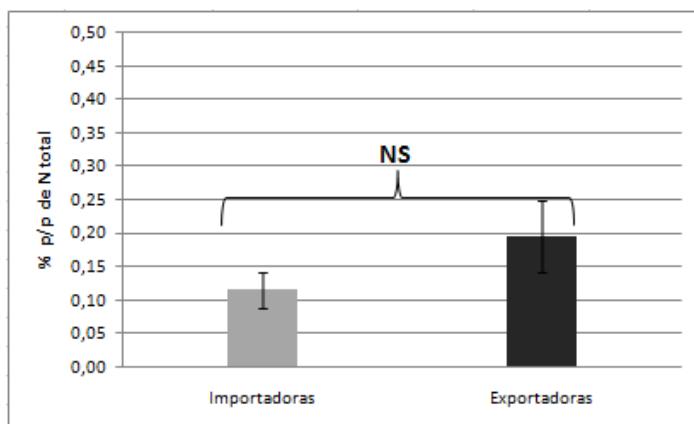


Figura 28. Contenido de nitrógeno total en %p/p según la forma del relieve.

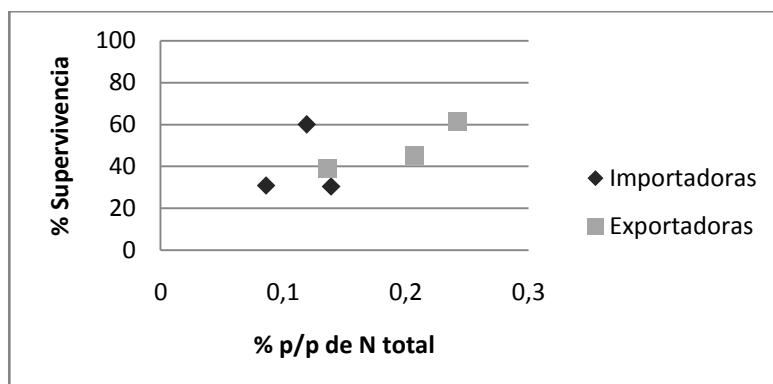


Figura 29. Supervivencia en función del contenido de nitrógeno total según la forma del relieve.

La figura 28 representa que el contenido el nitrógeno total en las unidades exportadoras es casi el doble que en las unidades importadoras, sin presentar diferencias significativas.

La figura 29, indica que las diferencias en cuanto al contenido de nitrógeno total no van asociadas a la tasa de supervivencia total.

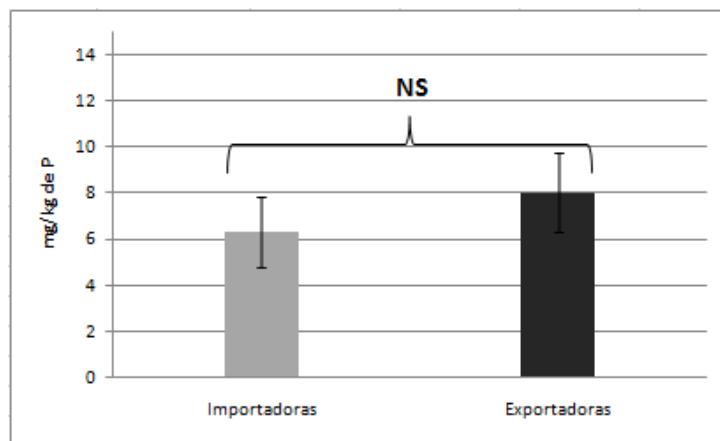


Figura 30. Contenido de fósforo en mg/kg según la forma del relieve.

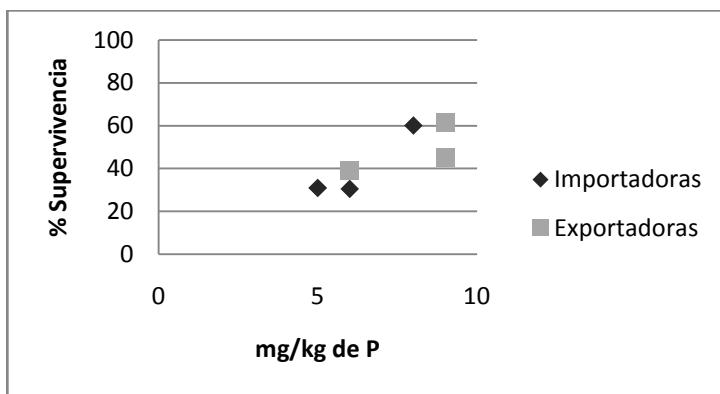


Figura 31. Supervivencia en función del contenido de fósforo según la forma del relieve.

En la figura 30, se representa el contenido en fósforo, que resulta superior en las unidades exportadoras que en las importadoras sin presentar diferencias significativas.

La figura 31, muestra que las diferencias en cuanto al contenido de fósforo no van asociadas a la tasa de supervivencia global.

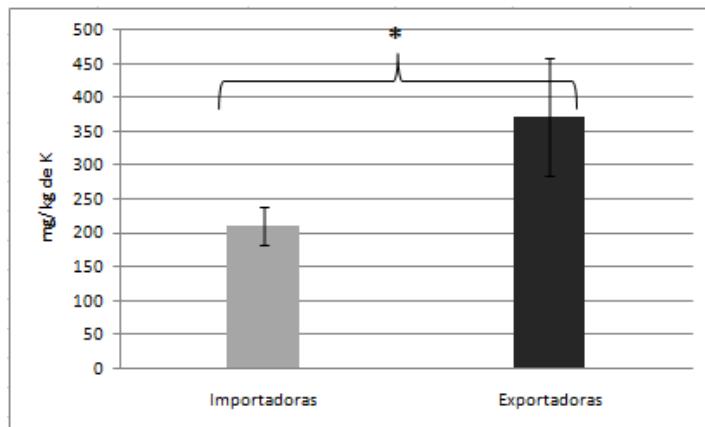


Figura 32. Contenido de potasio en mg/kg según la forma del relieve.

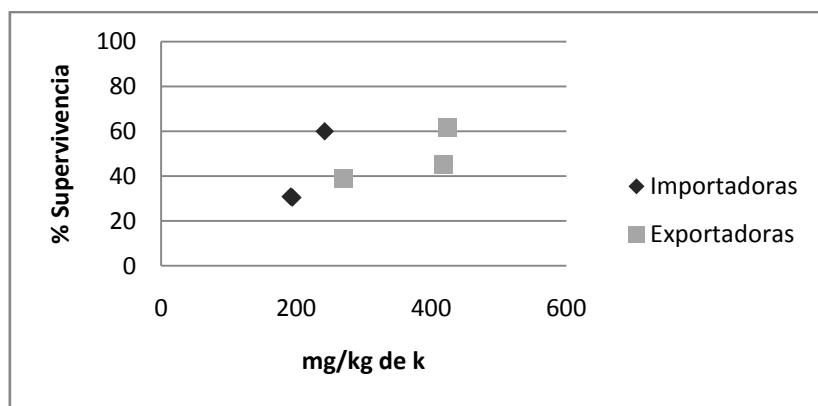


Figura 33. Supervivencia en función del contenido de potasio según la forma del relieve.

La figura 32 representa que las unidades ambientales exportadoras presentan un mayor contenido en potasio que las unidades ambientales importadoras, siendo esa diferencia estadísticamente significativa al nivel $p \leq 0.05$.

La figura 33 indica que las diferencias en el contenido en potasio no van asociadas a las diferencias en la tasa de supervivencia total.

6. Discusión

La elaboración de un proyecto de repoblación forestal supone una serie de decisiones estratégicas que configuran dicho proyecto de obra, una vez que se haya realizado un detallado estudio del medio físico (Serrada *et al.*, 2005). El éxito del mismo, depende de la respuesta de las especies en términos de supervivencia y crecimiento ante unas determinadas condiciones limitantes (Serrada *et al.*, 2005). Dicho éxito, según Navarro *et al.* (2006), está condicionado por la calidad de la planta, las condiciones meteorológicas, las condiciones edáficas, la fecha de plantación, el control de la vegetación herbácea y la heterogeneidad espacial. Cada uno de estos factores conlleva multitud de otros implicados e interrelacionados, por lo que el estudio del establecimiento de la planta en el monte debe hacerse en un contexto que considere las posibles interacciones entre ellos (Serrada *et al.*, 2005) aunque las condiciones meteorológicas y la heterogeneidad espacial predominan sobre los demás (Navarro *et al.*, 2006) sobre todo en ambientes de clima mediterráneo (Segura, 2011).

El estudio de la respuesta de la planta y su posterior desarrollo debe hacerse en un contexto que considere las posibles interacciones entre todos los factores implicados (Navarro *et al.*, 2004). Lo anterior llevó a Burdett (1990) a considerar que los factores que afectan al estado hídrico de la planta en el momento del establecimiento tienen una influencia decisiva en la supervivencia inicial.

En este estudio se ha evaluado la supervivencia de la plantación que se ha realizado en el terreno objeto de una custodia del territorio, en el término municipal de Alcubierre, por la Fundación Árboles para Siempre. En la valoración del éxito de supervivencia de la plantación, se han considerado como factores incidentes las condiciones meteorológicas, la heterogeneidad espacial y las características edafológicas.

Así pues, las conclusiones obtenidas quedan sujetas a la incertidumbre de no haber analizado el resto de los factores que condicionan el éxito de la supervivencia de la plantación.

- Tasa de supervivencia global y de las especies

Tras el estudio de todos los datos recogidos en los muestreos, el dato global de supervivencia de los primeros plantones que se pusieron, analizados en junio de 2017, tras el primer año y medio de la plantación, indican que sobrevivió el 42.5% de la



plantación. La especie *Juniperus thurifera* tuvo un mayor éxito de supervivencia con un 44.7% respecto a *Quercus ilex* que tuvo un 35.6% de supervivencia. A pesar de los riegos y cuidados que se han tenido en la plantación, la mayor parte de los plantones (más del 50%), han muerto, por lo que la tasa de supervivencia ha sido baja, tanto para *Juniperus thurifera* como para *Quercus ilex*. Esto podría relacionarse con los estudios de Burdett (1990), descrito en el segundo párrafo de este apartado, quien explica que la mayor parte de los plantones mueren en los primeros años de plantación.

Se ha analizado toda la plantación teniendo en cuenta diferentes factores, con el objetivo de poder proponer ciertas mejoras o medios para la plantación, hallar el mejor tipo de unidad ambiental, especie y/o alternativas. Todo ello con el propósito de lograr un mayor éxito en la supervivencia de los plantones de repoblación, con la finalidad de poder aportar estos resultados a posteriores plantaciones dentro del área de estudio e incluso, en áreas con características similares, dado que la plantación sigue adelante.

- Influencia del tipo de protector sobre la supervivencia

Al evaluar la supervivencia según el uso de un tipo de protector u otro de toda la plantación, la supervivencia global y la de cada especie no presentan diferencias significativas. El tipo de protector no influye sobre la supervivencia en estos primeros estadíos. Ello puede tener implicaciones prácticas en el sentido de que se podría optar por el modelo más barato y/o más sencillo de instalar. No obstante, la prudencia aconsejaría continuar con el estudio durante un tiempo más a fin de ver si el tipo de protector influye en estadíos de desarrollo más avanzados de las plantas o en años climatológicamente más extremos.

- Influencia del micrositio geomorfológico (formas importadoras versus exportadoras)

Al estudiar la supervivencia de la plantación según las formas del relieve de las unidades ambientales catalogadas como importadoras o exportadoras, el resultado ha sido que las unidades ambientales exportadoras han tenido una supervivencia mayor frente a las unidades importadoras; un 46.3% frente a un 34.5% de supervivencia.

En ambientes semiáridos, en los que el déficit hídrico es el factor limitante, la mayor disponibilidad de agua en las formas importadoras favorece el desarrollo de la



vegetación (Merino *et al.*, 2015). Sin embargo, en este estudio se ha obtenido el resultado opuesto: las áreas exportadoras presentan la tasa de supervivencia más alta. Un análisis a nivel de especie vegetal de este efecto de la geomorfología permite precisar que es *Quercus ilex* la especie sensible al tipo de micrositio geomorfológico, con una tasa de supervivencia un 20% mayor en las zonas exportadoras que en las importadoras. *Juniperus thurifera* también sobrevive más en las zonas exportadoras (5%) aunque la diferencia no es significativa.

La explicación de este resultado es compleja y se dispone de información limitada para ello. En primer lugar, hay que tener presente que el número de observaciones (plantones) es reducido -sólo hay 3 parcelas exportadoras y 3 importadoras y 90 plántulas de *Quercus ilex*- por lo que este resultado puede no ser suficientemente sólido.

La explicación más plausible se ha de encontrar en las diferencias edáficas entre ambos micrositios (exportadores e importadores). Por ello se han analizado en primer lugar las propiedades físicas de los mismos, encontrándose las siguientes diferencias:

- a) el contenido de arena total es casi el triple en las unidades exportadoras, de manera que las importadoras poseen una textura más fina.
- b) el contenido en limos totales resulta un 14% superior en las unidades importadoras que en las exportadoras.
- c) no existen diferencias significativas en cuanto al contenido en arcilla.

Estos resultados podrían permitir plantearse la explicación de que, en las zonas importadoras, los finos de naturaleza limosa -con tendencia a la formación de costra superficial- reduzcan la infiltración del agua en el suelo y, por lo tanto, la disponibilidad de agua para los plantones.

Otra razón del menor rendimiento de las encinas en las zonas importadoras podría tener que ver con contenidos en sales (salinidad) más elevados en ellas. Sin embargo, los análisis de suelos no muestran diferencias significativas en la conductividad eléctrica entre ambas zonas.

Finalmente, las diferencias edáficas entre los micrositios importador y exportador podrían deberse a la fertilidad química. Al respecto, el contenido en materia orgánica es superior en las unidades exportadoras que en las importadoras. El mismo patrón presentan el nitrógeno total, fósforo y potasio, aunque las diferencias no son estadísticamente significativas.



En síntesis, la mayor supervivencia de *Quercus ilex* en los micrositios exportadores frente a los importadores, es un resultado que contraviene el conocido efecto de mayor disponibilidad hídrica en los segundos. La única explicación que puede argumentarse se relaciona con las peores condiciones físicas de las zonas importadoras –por su mayor contenido en limos- que ocasionarían una menor disponibilidad de agua.

- Efecto de los periodos estacionales desfavorables sobre la supervivencia de la plantación.

Para poder analizar mejor los detalles de la supervivencia de la plantación, se han realizado estudios de los dos períodos críticos respecto a las condiciones ambientales del área de estudio; la supervivencia tras el estiaje donde el calor y la falta de precipitaciones son factores limitantes de los meses junio a septiembre de 2016; y la supervivencia tras el periodo otoño invernal, donde el frío y las heladas son también factores clave en la supervivencia, de los meses septiembre de 2016 a abril de 2017.

En el caso de la supervivencia tras el primer estiaje de la plantación, la supervivencia global de la plantación ha resultado de un 70.5%, donde para *Juniperus thurifera* ha sido del 71.71% y para *Quercus ilex* del 66.2%. Estos datos indican que se han producido un 30% de marras de la plantación en tan sólo un verano. Como indican Vilagrosa *et al.* (1999), la zona mediterránea presenta una fuerte sequía en el periodo estival, dicha escasez de precipitaciones es el mayor riesgo para la supervivencia inicial de una repoblación. En relación con la plantación estudiada, las precipitaciones recibidas en el verano de 2016 fueron escasas (promedio mensual de 12.6mm. de junio a septiembre de 2016) y, por otro lado, las labores de riego llevadas a cabo, parece que han sido insuficientes.

En el caso de la supervivencia para el periodo otoño invernal de 2016 y 2017, donde los meses de estudio han sido de septiembre a abril, la supervivencia tanto global como para las dos especies por separado, ha sido del 74.5%.

Por lo que el periodo crítico para la plantación resulta el estiaje; en tres meses se han registrado un 30% de las marras de la plantación.

7. Conclusiones

- La supervivencia global de la plantación fue del 42.5%, resultando una tasa baja para el primer año de la plantación.
- La supervivencia de los plantones ha resultado mayor para *Juniperus thurifera*, donde ha sobrevivido el 44.7% de la población, que para *Quercus ilex*, donde ha sobrevivido el 35.6%.
- La supervivencia de la plantación no ha estado condicionada por el uso de un tipo de protector u otro.
- El periodo estacional más desfavorable para la supervivencia de la plantación ha resultado ser el estiaje, con un 30% de marras, a pesar de los riegos realizados que han sido insuficientes.
- La supervivencia en los micrositios exportadores, ha resultado mayor que en los importadores. Este resultado tiene una difícil interpretación, que podría encontrarse en las peores condiciones físicas de los sustratos de las zonas importadoras, más ricos en limos y con mayor tendencia a la formación de costra superficial.

8. Bibliografía

- Agri-nova Science. (2017). ¿Cómo entender la conductividad eléctrica de nuestro suelo? | Agri Nova Science. Retrieved November 13, 2017, from <http://agri-nova.com/noticias/como-entender-la-conductividad-electrica-de-nuestro-suelo/>
- Alloza, J. A., Vallejo, R. (1999). Relación entre las características meteorológicas del año de plantación y los resultados de las repoblaciones. Ecología 13, 173-187. Recuperado de http://www.magrama.gob.es/es/parques-nacionales-oapn/publicaciones/ecologia_13_08_tcm7-45739.pdf
- Almorox, J. (2003). Diagrama ombrotérmico, 4. Retrieved from <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/clasificacionesclimaticas/gaussenclasificacionclimatica.pdf>
- Andrades, M., Martinez, E. (2014). Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. *Universidad de La Rioja-Servicio de Publicaciones.*, Iberus(3), 16–34. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=267902&info=resumen&idioma=SPA>
- Árboles para Siempre (2017). Recuperado en: <http://arbolesparasiempre.org/>
- BRAUN-BLANQUET, J. & BOLOS DE, O. (1957) Les groupements vegetaux du bassin moyen del'Ebro et leur dynamisme. Anales Est. Exp. de Aula Dei 5 (1-4): 1-266.
- Burdettan, A.N., 1990. Physiological processes in plantation establishment and the development of specifications for forest planting stock. Canadian Journal of Forest Research, 20, 415-427.
- Ecológica, R., Bosque Altoandino Greunal, D., G., La, P., & Bosque, D. (n.d.). Guía metodológica para la Restauración Ecológica. Orlando Vargas / Editor / Grupo de . Retrieved from http://www.ciencias.unal.edu.co/unciercias/data-file/user_46/file/GuiaMetodologica.pdf
- FAO. (2009). Guía para la descripción de suelos. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>
- Garrido, S. (1993). Interpretación de análisis en suelos. *Hojas Divulgativas*, 5/93 HD, 40.
- Gobierno de Aragón. Departamento de Medio Ambiente. (2010). Memoria resumen y análisis preliminar de incidencia ambiental del plan de zona de desarrollo rural de la comarca de los Monegros. Retrieved from http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/Presidencia/Documentos/docs/Áreas/Programa_desarrollo_cultural_sostenible/24-1-APIA LOS MONEGROS.pdf



- INE (Instituto Nacional de Estadística). Centro de descargas. Recuperado en: <http://www.ine.es/nomen2/ficheros.do>
- Maestre, T., Cortina, J., Bautista S., Bellot J., Centro, S. F. (2003). *Tesis doctoral. Ecosistemas*. Retrieved from
- MAPAMA (2014). Diagnóstico del sector forestal español. Gobierno de España. Recuperado en: http://www.mapama.gob.es/en/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/AyP_serie_n%C2%BA8_diagn%C3%B3stico_sector_FORESTAL_tcm11-348019.pdf
- Ministerio de Agricultura, A. y M. A. (2014). Situación de los ecosistemas forestales españoles, 8.
- Ministerio de Educación de Panamá. (2017). Efectos de la Deforestación. Retrieved November 10, 2017, from <http://educapanama.edu.pa/?q=articulos-educativos/efectos-de-la-deforestacion-0>
- Navarro, R. M., del Campo, A. D., Cortina, J., & Campo, D. (2006). Factores que afectan al éxito de una repoblación y su relación con la calidad de la. Retrieved from <https://imem.ua.es/en/documentos/imem-files/research-articles/jordi-cortina/navarro-et-al-2006-book.pdf>
- Navarro R. M., Palacios G., 2004. Efecto de la calidad de planta, el procedimiento de preparación y la fecha de plantación en la supervivencia de una repoblación de *Pinus pinea* L. Cuadernos de la SECF, 17, 199-204.
- Os monegros. La sierra de Alcubierre (2015). Retrieved September 18, 2017, from <https://osmonegros.com/2015/08/20/la-sierra-de-alcubierre/>
- Pedrocchi Renault, C. (1998). *Ecología de Los Monegros : la paciencia como estrategia de supervivencia*. Instituto de Estudios Altoaragoneses , Diputación de Huesca. Retrieved from <http://www.jolube.es/monegros/monegros1998.htm>
- Portillo, G. (2017). Las causas de la deforestación en el mundo y sus consecuencias. Retrieved October 30, 2017, from <https://www.renovablesverdes.com/deforestacion/>
- Renault, C. P., & Sanz, M. . Á. S. (1991). El sistema endorreico de Monegros: un ecosistema en vías de extinción. *Lucas Mallada. Revista de Ciencias*, 0(3), 93–106. Retrieved from <http://revistas.iea.es/index.php/LUMALL/article/view/940/937>
- Righetti, L., (2016). Plan de restauración y conservación.
- Rioja Molina, A. (2.002), Apuntes de Fitotecnia General, E.U.I.T.A., Ciudad Real
- Ruiz, J., (2015). La sierra de Alcubierre | os monegros. Retrieved July 28, 2017, from <http://proyectomonegros.com/la-sierra-de-alcubierre/>
- Salgado, A., Palma, S., Camacho, D.J., Guerreto, W., (2011). *Agrociencia. Agrociencia* (Vol. 45). Colegio de Postgraduados. Retrieved from



http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952011000600001

- Serrada, R., Cerrillo, N., Pemán , J. (2005). La calidad de las repoblaciones forestales: una aproximación desde la selvicultura y la ecofisiología. Retrieved from [http://www.inia.es/gcontrec/pub/SERRADA-NAVARRO-PEMAN_\(SRF14-3\)_1162283136375.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/SERRADA-NAVARRO-PEMAN_(SRF14-3)_1162283136375.pdf)
- Sobrino, E., Sanz , M. (1998). Datos sobre la floray vegetación de la sierra de Alcubierre (Huesca). *Lagascalia*, 20(2), 231–237. Retrieved from https://jolube.files.wordpress.com/2008/03/sobrinosanz1998_lagascalia20_2_alcubierr.e.pdf
- Society for Ecological Restoration (SER) International (2004). Principios de SER Internacional sobre restauración ecológica. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International. Recuperado de <http://www.ser.org/docs/default-document-library/spanish.pdf>
- Vargas, O., (2007), Guía Metodológica para la Restauración Ecológica del bosque altoandino. Recuperado en: http://www.ciencias.unal.edu.co/unciercias/datafile/user_46/file/Guia%20Metodologica.pdf
- Vazquez, E. J. (2017). Deforestación: causas, consecuencias y soluciones. Retrieved November 10, 2017, from <http://www.ecosiglos.com/2017/10/deforestacion-causas-consecuencias-y-soluciones.html>
- Vilagrosa, A., Cortina, J., Rubio, E., Trubat, R., Chirino, E., (1999). *Mediterranean desertification research results and policy implications proceedings of the international conference, 29 October to 1 November 1996, Crete, Greece.*. Office for official publications of the European communities. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/28126676_El_papel_de_la_ecofisiologia_en_la_restauracion_forestal_de_ecosistemas_mediterraneos