

## Trabajo Fin de Grado

Análisis de la supervivencia y el crecimiento de  
la plantación forestal del año 2015 en los  
Montes de Utilidad Pública de  
La Zoma (Teruel).

Survival and growth monitoring of 2015 afforestation  
in La Zoma council, Teruel, Spain.

Autor

Ariadna Lucía Fernández Lozano

Directores

José Manuel Nicolau Ibarra

Ramón Juan Reiné Viñales

Ciencias Ambientales

Escuela Politécnica Superior

2017







## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas que en mayor o menor medida han contribuido a la realización de este Trabajo Fin de Grado.

A mi compañero de muestreo, Daniel Herranz. Gracias por tu ayuda y compañía en el monte, sin ti no habría sido lo mismo.

A mis directores José Manuel Nicolau y Ramón Juan Reiné por su ayuda y dedicación. Gracias por todo lo que me habéis enseñado.

A todas las personas y entidades que hacen posible el proyecto “Plantando Agua”, en especial a Oscar Ferrer, Agente de Protección de la Naturaleza del Gobierno de Aragón, y Juan Manuel Membrado, alcalde de La Zoma, por desplazarnos hasta la zona de muestreo en muchas ocasiones.

A Irina Espés, Ingrid Cercós, Amanda Aznar, Carlos Gimeno, Diego Mallén y Pablo Cuader. Gracias por vuestras aportaciones en este proceso.

A mi familia y amigos, en especial a mis padres, Amancio y Celia, y a mi hermana, Eva, por su constante apoyo y dedicación. Gracias por todo vuestro esfuerzo y entrega, sin vosotros nada de esto sería posible.

## RESUMEN

Los incendios forestales pueden degradar los ecosistemas, provocando la pérdida de los servicios ambientales y sociales. Por ello, tras el incendio de Aliaga en 2009, la empresa Aquabona, perteneciente a *The Coca-Cola Company*, en colaboración con Ecología y Desarrollo, la DGA y la Universidad de Zaragoza, están desarrollando el proyecto “Plantano Agua”, cuyo principal objetivo es la restauración ecológica de 1.230 ha, la mayoría de ellas ubicadas en el término municipal de La Zoma (Teruel).

El objetivo del presente trabajo fin de grado es analizar la supervivencia y el crecimiento de las especies de la plantación de la Fase II (2015-16). Evaluar el efecto del rodal, la unidad ambiental (exportadora o importadora) y el total de la plantación, sobre estos dos parámetros. Y también cómo afecta a la supervivencia las condiciones climáticas estivales. Para ello, se muestran dos rodales, el Rodal 9 repoblado con *Quercus ilex*, *Juniperus oxycedrus*, *Juniperus phoenicea* y *Crataegus monogyna*, y el Rodal 13 repoblado con *Pinus sylvestris*, *Acer monspesulanum*, *Sorbus domestica* y *Quercus faginea*. Los resultados tras el primer verano, dieron tasas de supervivencia altas, tanto como para el conjunto de la plantación (78,4%), como para ambos rodales y para todas las especies estudiadas, excepto *Pinus sylvestris* que presentó una tasa de supervivencia media (66,81%). En cuanto al crecimiento se observó un incremento generalizado del diámetro basal en todas las especies (0,65 – 1,05 mm), pero los datos tomados en campo de la altura del tallo no fueron suficientes para aplicarles los test estadísticos. Apenas se observaron diferencias de supervivencia y crecimiento entre especies en las distintas escalas de estudio (conjunto de plantación, rodales y unidades ambientales).

## PALABRAS CLAVE

Repoblación forestal, Incendio, Supervivencia, Crecimiento, La Zoma.

## ABSTRACT

The forest fires can degrade ecosystems, causing loss of environmental and social services. Therefore after the fire of Aliaga in 2009, the company aquabona, belonging to "The Coca-Cola Company", in collaboration with "Ecología y Desarrollo", the DGA and the University of Zaragoza, are developing the "Plantano agua" project, whose main objective is the ecological restoration of 1,230 has, most of them are located in the municipality of La Zoma (Teruel).

The objective of the present degree thesis is to analyze the survival and growth of planted species on phase II (2015-16). To assess the effect of the stand the environmental unit (exporting or importing) and total plantation, on these two parameters. And also how it affects the survival to the summer effect. To this end, two stands are displayed, stand 9 repopulated with *Quercus ilex*, *Juniperus oxycedrus*, *Juniperus phoenicea* and *Crataegus monogyna*, and the restocked stand 13 with *Pinus sylvestris*, *Acer monspesulanum*, *Sorbus domestica* and *Quercus faginea*. Results after the first summer, gave high survival rates, as well as for the whole of the plantation (78.4%), as for both stands and for all the species studied, except *Pinus sylvestris*, which presented a medium survival rate (66.81%). Regarding the growth, a generalized increase of the basal diameter was observed in all the species (0.65 - 1.05 mm), but the data taken in the field of the height of the stem were not enough to apply the statistical tests. Differences in survival and growth between species were observed in the different study scales (plantation set, stands and environmental units).

## KEY WORDS

Reforestation, Fire, Survival, Growth, La Zoma.

## ÍNDICE

1. Introducción .....	7
1.1. Los incendios forestales y la restauración .....	7
1.2. Los incendios forestales en España .....	11
1.3. El incendio de Aliaga 2009 .....	16
1.4. Proyecto “PLANTANDO AGUA” .....	17
2. Objetivos.....	19
3. Material y métodos .....	20
3.1. Descripción del área de estudio.....	20
3.1.1. Geografía .....	20
3.1.2. Climatología .....	20
3.1.3. Geología.....	22
3.1.4. Edafología .....	23
3.1.5. Vegetación .....	24
3.1.6. Fauna .....	25
3.2. Rodales estudiados .....	26
3.3. Control de la supervivencia y del crecimiento .....	27
3.3.1. Diseño del muestreo en campo .....	27
3.3.2. Trabajos de campo.....	29
3.4. Tratamiento de los datos .....	31
3.4.1.1. Análisis estadístico.....	31
4. Resultados.....	33
4.1. Supervivencia .....	33
4.1.1. En el área de estudio.....	33
4.1.2. En los rodales de plantación.....	35
4.1.3. En las unidades ambientales .....	37
4.2. Crecimiento .....	43
4.2.1. Diámetro basal del tallo .....	43
4.2.2. Altura del tallo.....	47
5. Discusión .....	49
6. Conclusiones .....	55
7. Recomendaciones .....	56
8. Bibliografía.....	57



Anexo 1: Supervivencia .....	60
Anexo 2: Crecimiento.....	67
Anexo 3: Fotografías.....	68
Anexo 4: Estadillos de campo.....	76
Anexo 5: Coordenadas UTM.....	79
Anexo 6: Mapas.....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Mapa de las áreas quemadas en Europa en el año 2009. Fuente: European Forest Fire Information System (EFFIS) (2017). .....	11
Figura 2. Evolución del número de siniestros y superficies afectadas en el periodo 1961 - 2010. Fuente: MAGRAMA (2012). .....	12
Figura 3. Evolución del número de siniestros. Fuente: MAGRAMA (2012). .....	13
Figura 4. Evolución del número total de siniestros y de los grandes incendios forestales, en el periodo 1970 – 2010. Fuente: MAGRAMA (2012). .....	14
Figura 5. Distribución de la superficie forestal afectada por comunidades autónomas, en el periodo 2001- 2010. Fuente: MAGRAMA (2012). .....	15
Figura 6. Evolución de los conatos e incendios del 1 de enero al 30 de septiembre de 2007 a 2017. Fuente: MAPAMA (2017). .....	15
Figura 7. Porcentaje de supervivencia del conjunto de la plantación en toda el área de estudio. ....	33
Figura 8. Porcentaje medios de supervivencia, tras el estiaje, de cada especie a nivel de toda el área de estudio. ....	34
Figura 9. Porcentajes de supervivencia, pre y post estivales, de cada una de las especies a nivel de toda el área de estudio. ....	35
Figura 10. Porcentajes medios y desviaciones estándar de supervivencia antes y después del periodo estival del Rodal 9. ....	36
Figura 11. Porcentajes medios de supervivencia antes y después del periodo estival del Rodal 13. ....	36
Figura 12. Porcentajes medios de supervivencia del conjunto de la plantación, en diciembre, según los rodales. ....	37
Figura 13. Porcentaje de supervivencia del conjunto de la plantación, en diciembre, según las formas de relieve (importadoras o exportadoras). ....	37
Figura 14. Porcentajes de supervivencia, en diciembre, de cada una de las especies según la forma de relieve. ....	38
Figura 15. Porcentajes de supervivencia, en diciembre, de cada rodal de plantación según unidades con formas de relieve importadoras y exportadoras. ....	39
Figura 16. Crecimiento del diámetro basal por especies en toda el área de estudio. ..	43
Figura 17. Comparación del diámetro basal según especies en toda el área de estudio, en julio de 2016 y marzo de 2017. ....	44
Figura 18. Crecimiento medio del diámetro basal por especies en el rodal 9. ....	44
Figura 19. Crecimiento del diámetro basal por especies en el rodal 13. ....	45
Figura 20. Crecimiento del diámetro basal por especies, según la forma del relieve. ..	46
Figura 21. Diagrama ombrotérmico. Datos obtenidos de la estación de Majalinos (serie de datos 1/10/2015 – 31/03/2017). ....	50
Figura 22. Diagrama ombrotérmico estación de Majalinos (serie de datos 1/10/2014 – 29/2/2016). Fuente: Edo, a. (2016). ....	51

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. LOS INCENDIOS FORESTALES Y LA RESTAURACIÓN

Los incendios forestales son aquellos que ocurren en los ecosistemas terrestres, ya sean de origen natural o antrópico, y que se propagan por cualquier tipo de vegetación sin ningún control humano (Pausas, 2012). Estos son uno de los fenómenos más antiguos de la naturaleza y datan de hace unos 350 millones de años cuando los vegetales evolucionaron y se extendieron por la superficie terrestre (Keller *et al.*, 2012). Los incendios originados por causas naturales han sido un elemento regulador de la biodiversidad en muchas comunidades vegetales, siendo en algunos casos, un elemento imprescindible para el desarrollo de ciertos ecosistemas (Bond y van Wilgen, 1996). La aparición de los humanos generó cambios en los regímenes de incendios en muchos ecosistemas, tanto incrementando su frecuencia como disminuyéndola. Los incendios son un proceso ecológico que dentro de su rango histórico en cada ecosistema, son procesos naturales y sostenibles; fuera de este rango, pueden ser perturbaciones y desastres que pongan en peligro la estabilidad de los ecosistemas (Pausas, 2012).

Para que se genere fuego se necesitan tres componentes: ignición, oxígeno y combustible. Además es necesario que la vegetación tenga una humedad baja. Por tanto, los factores que modulan el régimen de incendios forestales son: la biomasa, la variabilidad en la disponibilidad hídrica y las igniciones; en ausencia de uno de ellos, difícilmente se producirán incendios (Pausas, 2012).

En la inflamabilidad de la biomasa influyen la estacionalidad, la variabilidad climática interanual, su estructura a escala de planta (patrones de ramificación, relación superficie-volumen, ramas muertas, presencia de aceites aromáticos y resinas, etc.), a escala del ecosistema (continuidad vertical y horizontal) y escala de comunidad (tamaño de las plantas, cobertura, distribución espacial de las especies con diferente inflamabilidad, número y distribución de los individuos muertos, cantidad y calidad de la hojarasca, etc.) (Pausas, 2012).

Las igniciones pueden ser de origen natural o antrópico. La mayoría de fuentes naturales son los rayos, aunque existen otras como volcanes o caídas de piedras (Pausas, 2012).

Según el sustrato de la vegetación afectado por el fuego se pueden diferenciar tres grandes tipos de incendios (Pausas, 2012):

- Incendios de superficie: el fuego se propaga por el estrato herbáceo o la hojarasca. Suelen ser incendios poco intensos pero frecuentes, y esta frecuencia limita la acumulación de combustible y mantiene la discontinuidad entre el sotobosque y las copas.
- Incendios de copa: el fuego afecta prácticamente a todos los estratos de la vegetación y a toda la parte aérea de las plantas, incluyendo las copas de los árboles. Estos incendios son más intensos y severos que los incendios de superficie.
- Incendios de subsuelo: estos no suelen generar llamas en la superficie, sino que es el subsuelo el que arde. Son poco frecuentes, se propagan lentamente, ocurren solo en años muy secos o por desecación antrópica de las turberas y pueden durar mucho tiempo (meses) (Pausas, 2012).

Las consecuencias ecológicas de un incendio en un ecosistema serán más o menos graves dependiendo de la intensidad, frecuencia, las temperaturas que se alcancen y el tipo de ecosistema al que afecte.

El incendio que, a largo plazo, resulta beneficioso para el monte es aquel cuyo origen es natural y se produce cíclicamente en cada ecosistema. Normalmente, son fuegos de avance rápido, por lo que las intensidades y temperaturas son bajas. En estos se elimina combustible acumulado y se agiliza el proceso de incorporación de nutrientes al suelo e incluso se favorece la regeneración natural de algunas comunidades vegetales (Cubillo-Nielsen, 2002).

Sin olvidar que el fuego se trata de uno más de los procesos naturales de transmisión de energía que se dan en el universo, también producen otros efectos que son negativos o menos beneficiosos como: el calor que puede destruir la vida animal y vegetal, afecciones a las condiciones biológicas y el microclima del suelo, modificación de las condiciones del aire y atenuación o anulación de la influencia de las masas arbóreas sobre los vientos, las temperaturas, la humedad y el régimen hidrológico (Vélez, 2002).

El fuego en los montes mediterráneos es recurrente año tras año. Durante las tormentas secas se presentan las condiciones más favorables (fuerte viento y baja humedad atmosférica) para la propagación del incendio originado por la chispa

eléctrica. El fuego es una de las causas de las típicas formaciones de matorral pirófilo y de la selección de las especies de pinos que se encuentran asociados con el matorral o en macizos de transición a las áreas menos afectadas por el fuego, donde se refugian las frondosas. La mayor o menor longitud de los ciclos de fuego se puede estimar por las especies presentes y por su morfología, desde las plantas arbóreas a las arbustivas y a las herbáceas, cuando el fuego se repite en ciclos cortos, y en sentido inverso cuando los ciclos se alargan (Vélez, 2002).

Como resultado de la adaptación de las comunidades vegetales a las prolongadas sequías estivales, son muy frecuentes las especies con elevado contenido de resinas o de aceites esenciales, cuya concentración aumenta en verano y las hace altamente combustibles como los pinares (Vélez, 2002). Algunos *Quercus* esclerófilos de hoja perenne sin embargo han desarrollado mecanismos de adaptación, que les permite resistir los incendios esporádicos, como gruesas cortezas que aíslan con cierta eficacia el cámbium. Asimismo, la presencia de abundantes yemas durmientes garantiza la producción de brotes y renuevos si la parte aérea de la planta resulta afectada por el fuego. Otras plantas tienen sistemas que adaptan su diseminación con el fuego, como la apertura de las piñas ante el intenso calor (*Pinus pinaster*), o la dehiscencia de los frutos (*Cistus* sp.), la producción de semillas de grueso tegumento aislante, o la presencia de rizomas o raíces corredoras (Vélez, 2002).

Esta adaptación al fuego no es más que la resistencia de las especies a desaparecer, aun cuando los individuos pueden hacerse cada vez más escasos. En ocasiones, el fuego puede producir una selección en el mismo arbolado (Vélez, 2002).

El clima dominante en el Mediterráneo condiciona de manera importante la situación. Veranos prolongados, con escasa o nula lluvia y temperaturas diurnas medias muy superiores a 30°C reducen la humedad de la materia vegetal muerta a menos del 5%. Además los vientos terrales del verano, caracterizados por su gran velocidad y poder desecante, contribuyen a propagar los fuegos trasladando pavesas a gran distancia. Y los vientos secos y fríos del invierno también aumentan el peligro de fuego (Vélez, 2002).

El gran problema actual en los países de clima mediterráneo deriva de que los ciclos de recurrencia de fuego se acortan rápidamente en numerosos lugares. En ello parece influir, por una parte el incremento de población, que supone mayor presión sobre las tierras forestales por la demanda de tierras de cultivo y pastoreo en unas regiones, y de tierras para recreación en otras; y las fluctuaciones climáticas que

provocan largas sequías que incrementan y extienden en el tiempo y en el espacio el peligro de incendios (Vélez, 2002).

La definición de restauración de la *International Society for Ecological Restoration* es: “proceso de ayudar el restablecimiento de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido” (Society for Ecological Restoration International, 2004). La restauración ha de hacerse normalmente en condiciones muy desfavorables de suelo y, casi siempre, con fuertes sequías. Por ello las especies que se deben de elegir son las pioneras, generalmente pinos, que en los primeros años de su implantación presentan alto peligro de incendios. Las dificultades para introducir otras especies hacen que las plantaciones sean monoespecíficas frecuentemente y que cubran superficies continuas. Con lo que crece el riesgo de grandes incendios (Vélez, 2002).

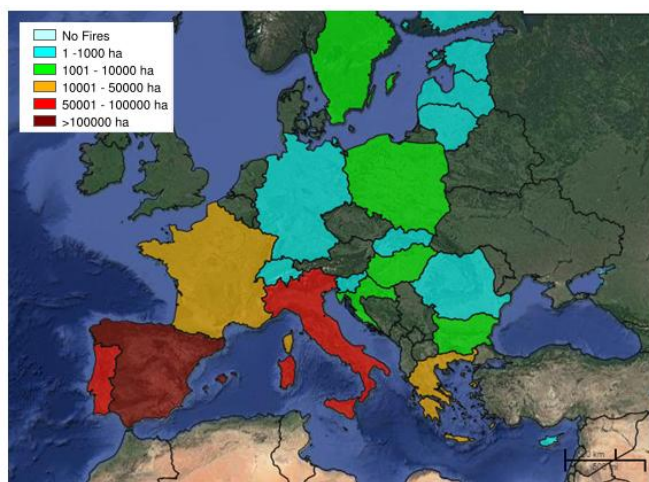
Lo recomendado sería utilizar especies adaptadas a las condiciones específicas del terreno. Por ello el uso de especies dominantes presentes en las proximidades de la zona a repoblar y en hábitats comparables garantiza el éxito de la restauración. No obstante, en territorios profundamente transformados la identificación del referente original puede no ser evidente. En el proceso de selección de especies se analiza la contribución a los objetivos de gestión por parte de las especies compatibles con el medio. Se suelen elegir una o pocas especies que sean de interés en sí mismas, por razones de conservación, y/o que contribuyan a la mejora del ecosistema (especies clave o ingenieras del ecosistema) (Jones *et al.*, 1994) en términos de mejorar el hábitat y conferirle resistencias y/o resiliencia a las perturbaciones. También hay que tener en cuenta la interacción de las especies con las propiedades del suelo (Espigares, 2003).

Los intentos de restauración de ecosistemas perturbados en el mundo están teniendo distinto éxito. Las principales limitaciones para recuperar dichos ecosistemas son la baja diversidad de especies plantadas y/o especies nativas colonizadoras, la invasión de especies exóticas agresivas, las condiciones de sustrato pobres, funciones del ecosistema que han cambiado y ya no permiten los regímenes de perturbación naturales, y la falta de ecosistemas de referencia apropiados, entre otras. Se pueden perseguir distintos objetivos de la restauración, dependiendo del grado de perturbación y de la necesidad de conservación de las especies y hábitats locales (Allen, 2003).

## 1.2. LOS INCENDIOS FORESTALES EN ESPAÑA

En la región mediterránea se observan tres máximos de actividad de incendios forestales, el más importante en los meses de verano. El segundo máximo aparece en la primavera, cuyas causas principales son las prácticas agrícolas, la quema de paja, la limpieza de setos, etc. Y el tercero se registra en invierno en las regiones montañosas, debido a los periodos secos y a las primeras nieves que se derriten en febrero y marzo, relacionado con el efecto Foehn, que da lugar al viento seco que va descendiendo de las cumbres y calentando las laderas que va recorriendo (Biot, 2009).

Al comparar la actividad de incendios de España con la de Europa, como podemos ver en la Figura 1, en el año 2009 España fue el país Europeo con mayor número de hectáreas quemadas 119.892,32 ha, también fue el país con mayor número de incendios, junto con Portugal. En cambio, no es el país con los incendios más grandes, sino que predominan los incendios en los que se ven afectadas entre 5 y 10 ha.



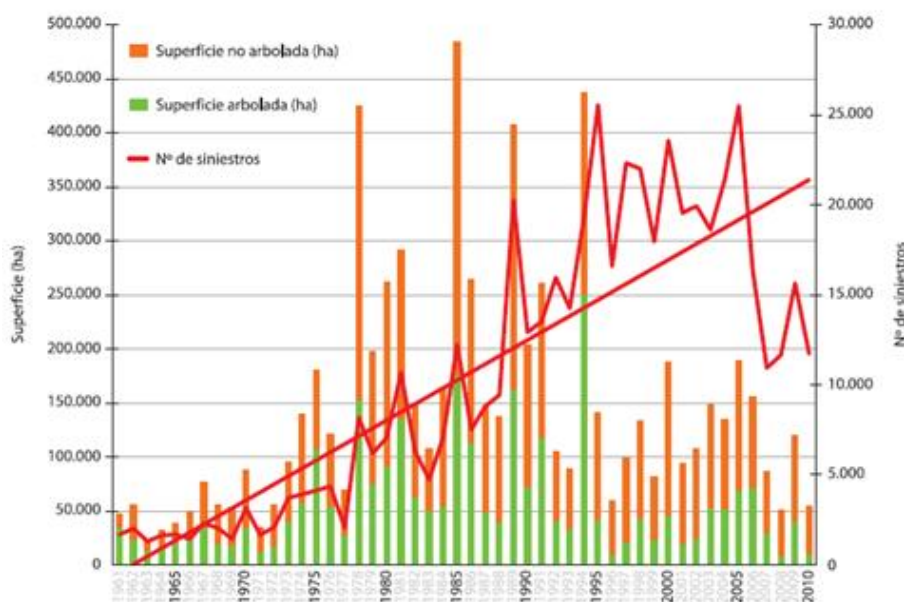
**Figura 1. Mapa de las áreas quemadas en Europa en el año 2009. Fuente: European Forest Fire Information System (EFFIS) (2017).**

En España las regiones más afectadas en 2009 fueron Castilla y León y Aragón. En 2009 hubo 34 grandes incendios, ese año España fue el país europeo más severamente afectado por el fuego. Los meses más críticos fueron julio y agosto (Joint Research Centre., 2010).

La tendencia del número de siniestros en el periodo comprendido entre 1961 y 2010 es creciente (Figura 2). En el periodo 1991-2000 se dobla el número de



siniestros respecto del decenio anterior, alcanzándose una media de 19.097 siniestros al año, disminuyendo ésta hasta 17.127 en el periodo 2001-2010 (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA, 2012).



**Figura 2. Evolución del número de siniestros y superficies afectadas en el periodo 1961 - 2010.**  
**Fuente: MAGRAMA (2012).**

El mayor número de siniestros se produjo en 1995 con un total de 25.557 y el año de mayor superficie forestal afectada fue 1985 con 484.475,20 hectáreas (MAGRAMA, 2012).

La Figura 3 permite ver la evolución del número de siniestros, conatos e incendios. En contraste con los decenios anteriores, se observa una tendencia descendente del número de conatos e incendios, producida desde el año 2005 (MAGRAMA, 2012).

También desciende el número de incendios intencionados, especialmente en el tercio Norte peninsular, tras el episodio sufrido de grandes incendios simultáneos intencionados del año 2006, que tuvieron graves repercusiones ambientales y un fuerte impacto en la sociedad (MAGRAMA, 2012).

El porcentaje de conatos indica la efectividad de los medios de extinción, al no dejar crecer los siniestros más allá de una hectárea. La media del decenio del porcentaje de conatos sobre el total de siniestros se sitúa en un 64,2 %, con un máximo alcanzado en el año 2007, con un 68,7 % (MAGRAMA, 2012).



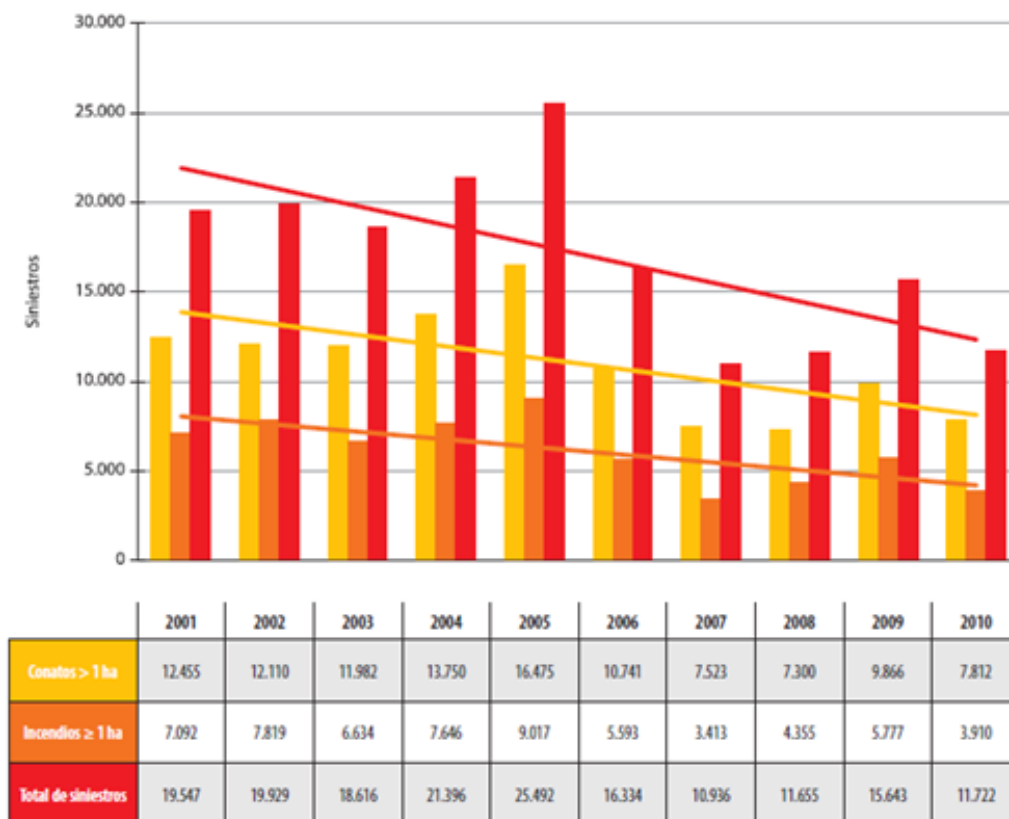


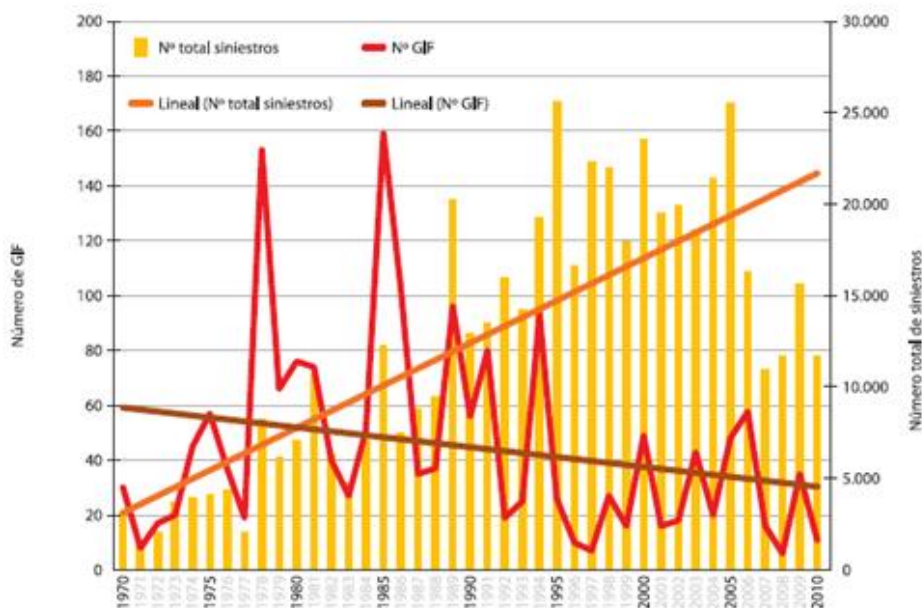
Figura 3. Evolución del número de siniestros. Fuente: MAGRAMA (2012).

En la Figura 4 se muestra la evolución del número de grandes incendios forestales (GIF) (>500 ha) junto con la del total de siniestros así como ambas tendencias en casi cuatro décadas, desde el año 1970 al 2010 (MAGRAMA, 2012).

Durante la segunda mitad del decenio 2001-2010, el número total de siniestros muestra una tendencia descendente, mientras que el número de GIF mantiene una tendencia estable (MAGRAMA, 2012).

La década 1980-1989 fue el periodo en el que se registró una mayor incidencia de los grandes incendios forestales, con una media decenal de 70 GIF/año. Una de las causas de esto fue un largo periodo de sequía que se prolongó desde 1978 a 1984. 1978, primer año de este periodo seco, registró el segundo valor máximo en número de grandes incendios, 153 (MAGRAMA, 2012).

A partir de 1978, se registra un número de grandes incendios forestales en progresión ascendente que culmina en los 159 grandes incendios ocurridos en 1985, registrándose el máximo número de GIF de este periodo 1970-2010. Sin embargo el valor máximo en número total de siniestros, en dicha década, fue 1989 que superó a 1985 en 8.015 siniestros (MAGRAMA, 2012).



**Figura 4. Evolución del número total de siniestros y de los grandes incendios forestales, en el periodo 1970 – 2010. Fuente: MAGRAMA (2012).**

En el año 1989 se presenta la mayor sequía registrada en el norte y oeste del país. En los años 90, fue 1994, con 93 GIF, el peor año por las superficies afectadas, que supusieron un 77 % de la superficie forestal total afectada por incendios forestales. Desde 1992 y hasta 1996 en España se vivió otro periodo de intensa sequía. A pesar de ello, la media anual de GIF descendió a 36, aproximadamente la mitad que en la década anterior (MAGRAMA, 2012).

En la década 2001-2010 se ha consolidado esta tendencia ligeramente descendente en el número de GIF, manteniéndose bastante estable durante la primera mitad de la década y disminuyendo sensiblemente los últimos años. Han sido 2000, 2005 y 2006 los que han presentado mayor número de GIF, con un máximo de 59 en el año 2006, 42 de los cuales se produjeron en Galicia en la primera quincena de agosto, donde los vientos del noreste, que soplaron desde finales de julio desecando la vegetación, arremetieron a partir del 4 de agosto. Esta situación de meteorología adversa, acompañada de un episodio incendiario, con la aparición de cientos de focos de fuego cada día, dio lugar a una gran superficie forestal afectada. En los años, 2007, 2008 y 2009, el número de GIF ha descendido notablemente situándose en valores por debajo de la media del decenio, que se situó en 32 grandes incendios anuales. El valor mínimo de toda la serie histórica se da en el año 2008, con seis grandes incendios forestales (MAGRAMA, 2012).

En cuanto a la distribución territorial del número de siniestros por Comunidades Autónomas para el conjunto del decenio 2001 – 2010, Galicia acumuló el 42% del total de los siniestros ocurridos en el país seguida de Castilla y León, con un 11%. Respecto a los porcentajes de superficie afectada, arbolada y forestal, Galicia, Castilla y León, Andalucía y Extremadura presentan los porcentajes más elevados para ambos parámetros (MAGRAMA, 2012) (Figura 5).

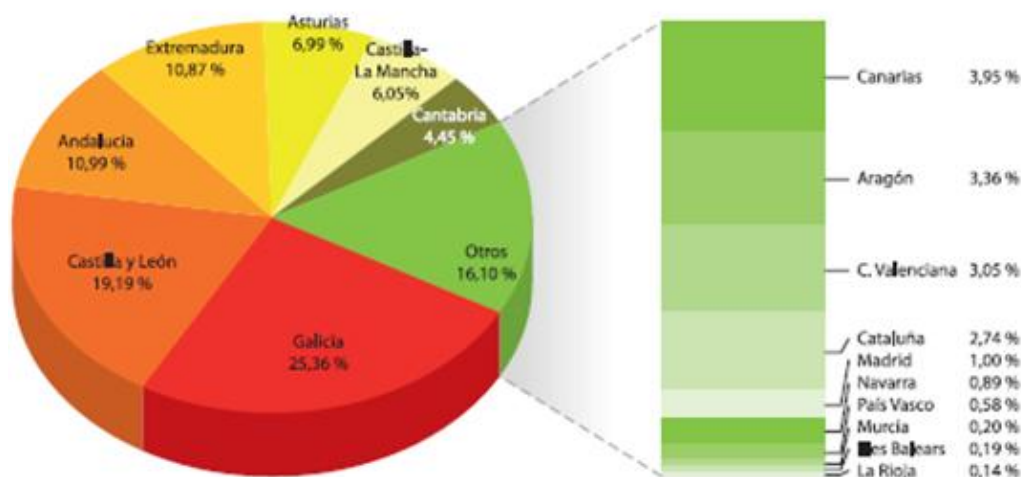


Figura 5. Distribución de la superficie forestal afectada por comunidades autónomas, en el periodo 2001- 2010. Fuente: MAGRAMA (2012).

En la década más actual (Figura 6), la media del número de siniestros en España es de 11.000, estando por encima de esta media desde el 2008 al 2012 y el 2017. Los dos años con mayor actividad tanto de conatos como de incendios son el 2009 y el 2012 (MAPAMA, 2017).

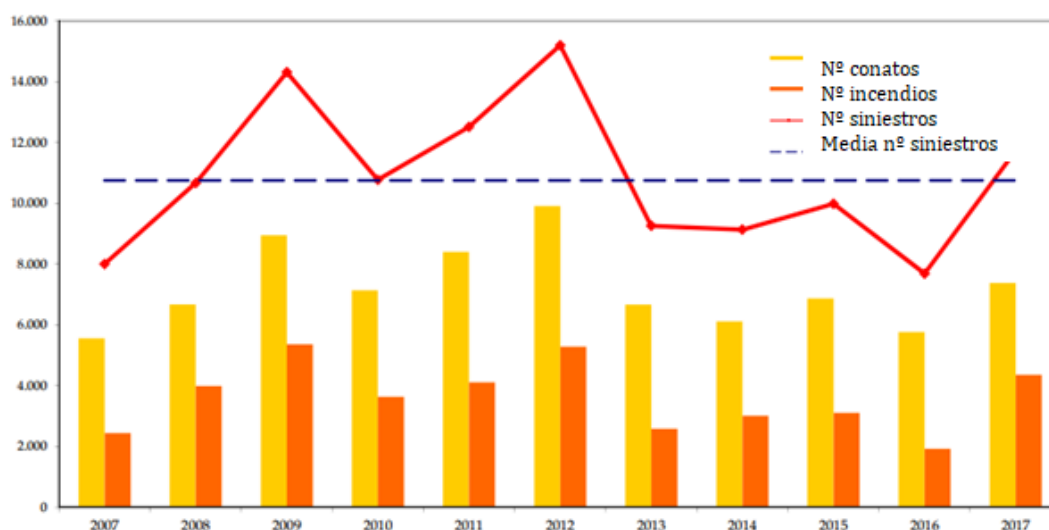


Figura 6. Evolución de los conatos e incendios del 1 de enero al 30 de septiembre de 2007 a 2017. Fuente: MAPAMA (2017).

### 1.3. EL INCENDIO DE ALIAGA 2009

El 21 de julio del 2009 una tormenta seca dejó numerosos rayos en la provincia de Teruel que generaron varios incendios forestales. El día 22 se dieron en la provincia las condiciones de temperatura (26 - 27 °C), humedad relativa (22 - 32 %) y velocidad del viento (30 – 110 km/h dirección S-SW), propicias para que se generasen incendios forestales. La concurrencia de ambos factores hizo que se originaran ocho incendios forestales distribuidos por la provincia. La situación se complicó aún más debido a que gran parte de los medios del dispositivo contra incendios forestales del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente se encontraban actuando en incendios de Cuenca y Tarragona (Contratas Ancar, 2013).

Todo ello permitió el desarrollo de los incendios de Aliaga, Alloza, Corbalán y Los Olmos. El mayor de ellos fue el de Aliaga, que afectó a los términos municipales de Aliaga, Cañizar del Olivar, Castel de Cabra, Ejulve, La Zoma y Villarluego, de las comarcas Cuencas Mineras, Andorra-Sierra de Arcos y Maestrazgo. Éste no pudo ser controlado hasta el 28 de julio, debido a las condiciones climatológicas extremadamente adversas de los dos primeros días. Y debido a la existencia de puntos calientes potencialmente peligrosos, no se declaró extinguido hasta el 8 de agosto (Contratas Ancar, 2013).

Aquellos días ardieron en la provincia de Teruel 10.735,12 ha, de las cuales 7.301,13 ha fueron arrasadas por el incendio de Aliaga. Según los usos del suelo, 6.677,89 ha corresponden a superficie clasificada como forestal y 623,24 ha como superficie no forestal. De la superficie forestal afectada, 5.484,36 ha era superficie arbolada, 1.185,94 ha superficie forestal no arbolada leñosa y 7,59 ha superficie forestal no arbolada herbácea (MAGRAMA, 2012). El incendio, según el estrato de vegetación calcinado, se podría clasificar como mixto, ya que en la mayoría de la superficie afectó tanto a las copas como a la hojarasca y los matorrales (Edo, 2016).

La mayor parte de hectáreas quemadas fueron, por orden, en Ejulve, Aliaga y La Zoma. Sin embargo el municipio más afectado en cuanto a porcentaje de su territorio quemado, fue la Zoma, con un 70,13% (Contratas Ancar, 2013).

## 1.4. PROYECTO “PLANTANDO AGUA”

Tras el incendio antes mencionado, la capa vegetal ha desaparecido por completo en la mayoría de zonas del área afectada aflorando la roca. Pero este territorio no ha muerto, sino que se ha iniciado un proceso de sucesión ecológica que sustituirá o regenerará la comunidad preincendio (Edo, 2016).

Este biotopo nuevo debe hacer frente a amenazas actuales, principalmente derivadas del cambio climático y del cambio en los usos del suelo. Por lo que la restauración forestal que se lleva a cabo, debe actuar en consecuencia, siendo una pieza clave del proceso la actuación ciudadana (Alloza *et al.*, 2013).

Estos mismos principios son con los que surge el proyecto “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 Manantial de agua de Fuenmayor, ubicado en el término municipal de Cañizar del Olivar, es gestionado por la empresa Aquabona, perteneciente a *The Coca-Cola Company*. Tras el incendio de 2009 que sufrió la zona, Aquabona con la colaboración de la Fundación de Ecología y Desarrollo (ECODES) y la participación de los vecinos de la comarca Cuencas Mineras, deciden actuar en la recuperación de los montes incendiados.

Para el diseño del proyecto de restauración de dichos montes, la Universidad de Zaragoza organizó un taller de expertos con participación de agentes locales, en el que se establecieron los criterios básicos del Plan Director a elaborar. Se decidió “diseñar el monte del siglo XXI”, esto consiste en recuperar unos ecosistemas que sean capaces de afrontar los retos que tienen los montes en la actualidad, es decir, el cambio climático, los incendios forestales y la herbívora por ungulados silvestres, incorporando transversalmente la petición de la empresa *The Coca-Cola Company* de “devolver a la naturaleza” el agua que consumen fabricando sus productos.

Si consideramos el agua verde como la parte de agua de las precipitaciones que es consumida por la vegetación (evapotranspiración) y el agua azul como el resto de las precipitaciones que se transforma en escorrentía, superficial y subterránea (Enguita, 2016) para conseguir los objetivos descritos se han repartido las 1.230 ha del proyecto en áreas productoras de agua verde (320 ha) y áreas productoras de agua azul, en las cuales se fomentará la actividad ganadera y cumplirá la función de recargar los acuíferos. Además este patrón de actuaciones de revegetación

discontinuas, favorece también la discontinuidad del fuego en previsibles situaciones de incendios forestales (Edo, 2016).

Los trabajos que se han realizado en los montes tras el incendio son la retirada de madera quemada, la construcción de defensas para el suelo, el saneamiento forestal de los rodales no quemados y masas circundantes y el tratamiento selvícola de masas de especies rebrotadoras.

La Fase I de la repoblación se llevó a cabo en el invierno 2014-2015 con las primeras 17 ha, llevada a cabo en parte de los Rodales 5, 10 y 13. Se empezó en estos Rodales por su buena aptitud en cuanto a exposición, tipología y profundidad de suelo, y por corresponder a los dos principales ambientes ecológicos de la zona: los Rodales 5 y 10 pertenecen al ambiente del encinar y el Rodal 13 pertenece al ambiente del pinar-quejigar. El seguimiento y evaluación de esta primera fase se desarrolló en los trabajos de Edo (2016) y Herranz (2017).

La Fase II de repoblación se llevó a cabo en el invierno 2015-2016, en parte de los Rodales 9 y 13, también ambos de distinto ambiente. El seguimiento y evaluación de esta Fase y de estos Rodales es en lo que se centra, el presente trabajo.

## 2. OBJETIVOS

**Objetivo principal:** analizar la supervivencia y el crecimiento de las especies de la plantación 2015-2016 (*Quercus ilex*, *Juniperus oxycedrus*, *Juniperus phoenicea*, *Crataegus monogyna*, *Pinus sylvestris*, *Acer monspesulanum*, *Sorbus domestica* y *Quercus faginea*) en los Montes de Utilidad Pública número 84 y 85, ambos pertenecientes al término municipal de La Zoma (Teruel).

### **Objetivos específicos:**

- Evaluar el efecto del periodo crítico estival sobre la plantación.
- Evaluar el efecto del tipo de rodal y de unidad ambiental (exportadoras e importadoras) sobre la plantación.
- Comparar la respuesta de las especies utilizadas.

### 3. MATERIAL Y MÉTODOS

#### 3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

##### 3.1.1. GEOGRAFÍA

Este trabajo fin de grado se ha llevado a cabo en el término municipal de La Zoma, municipio de la comarca Cuencas Mineras, en la provincia de Teruel. Situado en la cuenca del río Guadalope, afluente del Ebro. Se ubica en pleno macizo ibérico, en sus estribaciones más surorientales, colindante a las sierras del Maestrazgo. En un paisaje amesetado, comprendido entre los 1.000 y 1.400 m.

De las 7.303,14 ha que ardieron en el incendio de Aliaga-Ejolve del 2009, 1.017 ha pertenecen a este municipio, lo que supone el 13,93% de la superficie total incendiada y el 70,13% del total de la superficie del término municipal.

Concretamente la replantación llevada a cabo por el proyecto “Plantando Agua” en este término municipal, y por tanto, este trabajo fin de grado, fueron en el Rodal 9, perteneciente al Monte de Utilidad Pública nº 84, situado en el Cabezo del Hierro. Y en el Rodal 13, perteneciente al Monte de Utilidad Pública nº 85, en la cara norte de la Sierra de Majalinos.

##### 3.1.2. CLIMATOLOGÍA

Esta zona presenta un clima de tipo submediterráneo continental frío, que es el que domina en toda la zona central de la provincia de Teruel.

La caracterización geomorfológica y la situación interior de aislamiento a la influencia oceánica son los factores que condicionan las temperaturas en la provincia. La elevada topografía turolense hace prever bajas temperaturas; pero, al mismo tiempo, las variaciones en altitud y los matices que introducen las diferentes depresiones intraibéricas originan una gran diversidad de valores térmicos (Peña *et al.*, 2002).

Se caracteriza por una temperatura media anual entre 8,4 °C y 12,2 °C, y una precipitación media anual entre 450 y 550 mm, con una disminución de ambas de



norte a sur. Destacándose las mínimas absolutas, de hasta  $-30^{\circ}\text{C}$ . Hay que destacar el régimen de tormentas de la comarca, ya que tiene gran importancia como factor desencadenante de incendios forestales. En ocasiones, el máximo de precipitaciones del otoño es más acusado que el de primavera, presentando una importante sequía veraniega, mitigada en parte por las tormentas, muy numerosas y, a veces, intensas, que tienen lugar desde abril hasta octubre, concentrándose la mayoría en junio, julio y agosto. Las precipitaciones de granizo suelen tener lugar entre los meses de mayo y septiembre (Peña *et al.*, 2002).

Por lo general, en la provincia, julio es el mes más caluroso, seguido de agosto con diferencias muy pequeñas. En estos meses de verano las medias térmicas son elevadas en toda la provincia. Desde junio a septiembre los valores promedios se mantienen altos, aunque a partir de los 1.000m el verano es templado y de corta duración, el calor se concentra en las horas centrales del día y es atenuado por el frescor de la noche (Peña *et al.*, 2002).

En octubre y noviembre, la temperatura desciende rápidamente para adentrarse en el periodo invernal que dura hasta marzo o abril. Enero y febrero son los meses con temperaturas más bajas, como consecuencia de la mayor frecuencia de situaciones de estabilidad atmosférica anticiclónica que origina cielos serenos y fuerte enfriamiento de las capas bajas del aire. El aumento de la altitud conlleva el progresivo enfriamiento térmico hasta acercarse a los cero grados (Peña *et al.*, 2002).

Las temperaturas máximas y mínimas presentan las mismas características que el régimen medio. El calor es un rasgo básico en la época estival turolense, debido a la continuada presencia del anticiclón de las Azores sobre el suelo peninsular, que propicia el progresivo estancamiento y caldeoamiento del aire de las capas bajas de la atmósfera en estas tierras interiores aisladas del influjo del mar. En cuanto a las mínimas de los meses de enero y febrero suelen situarse por debajo de los  $0^{\circ}\text{C}$ , con medias de  $-3^{\circ}\text{C}$ . Además, debido a la altitud, la intensidad y duración del frío es mayor. La gran amplitud térmica, demuestra el alto grado de continentalidad del clima (Peña *et al.*, 2002).

Son prácticamente seguras las heladas desde noviembre hasta abril (Peña *et al.*, 2002), con grandes contrastes térmicos entre la noche y el día produciéndose constantemente el fenómeno hielo-deshielo del suelo. Esta crioturbación origina movimientos de las partículas del suelo, por lo que las plantas pueden llegar a ser desarraigadas. Esto da lugar a que predominen especies con diversas adaptaciones que les permiten vivir en estas condiciones. El periodo vegetativo (aquel cuya

temperatura media diaria es superior a 10 °C), dependiendo del observatorio meteorológico que se tome como referencia oscila de 5 a 7 meses (Peña *et al.*, 2000).

### 3.1.3. GEOLOGÍA

La zona de estudio se sitúa 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. Los materiales aflorantes abarcan edades desde el Triásico Superior hasta el Mioceno, con lagunas estratigráficas, facies de transición marino-continentales, discordancias y escasas cubiertas cuaternarias. Geológicamente, la cuenca del río Guadalope se caracteriza por presentar amplios afloramientos del Cretácico, Paleógeno y Jurásico. También están presentes el Triásico, el Mioceno y el Cuaternario, pero en mucha menor extensión. Los materiales cretácicos son los más abundantes, concretamente los del Cretácico inferior, representados por calizas, margas y areniscas, mientras que los del Cretácico superior son calizas y dolomías, generalmente con estratificación. Siguen en extensión los afloramientos paleógenos, que se localizan al levante y al sur de la Cuenca fundamentalmente. Estos presentan una litología de conglomerados, areniscas y arcillas, en general de estratificación grosera en la que dominan los conglomerados. Los materiales se estructuran en una serie de largos anticlinales y sinclinales apretados en el límite septentrional, y más suaves y laxos en el resto, aunque a veces con flancos abruptos y fallados (Peña *et al.*, 2000).

Según el plano de Jorge Gargallo Saura presente en el Plan Director “Plantando Agua”, los rodales de plantación estudiados en este trabajo, tanto el Rodal 9 como el Rodal 13, presentan una litología formada por: Carniolas, brechas calco-dolomíticas y dolomías.

#### 3.1.4. EDAFOLOGÍA

Según el Mapa de suelos de España (1968) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (C.S.I.C) los tipos de suelo son: suelos pardos calizos sobre material consolidado o no, y con horizonte de humus poco desarrollado. Por lo general, suelos poco o moderadamente profundos y evolucionados (Guerra *et al.*, 1968). Encontrándose mayores espesores en las umbrías, sobre las litofacies blandas y en los usos agrícolas. El contenido en materia orgánica es en general entre moderado o fuertemente húmico, presentándose este en las umbrías y en las cubiertas vegetales más tensas, mientras que son débilmente húmicos los dedicados a cultivos y los que soportan cubiertas muy ralas de matorral (Contratas Ancar, 2013).

Según los criterios de “Soil Taxonomy” establecidos a los suelos de la comarca de Montalbán, se deduce que los suelos presentes pertenecen principalmente a las Órdenes: Inceptisols, Entisols, con sus grandes grupos: Xerochepts, Ustochrepts, Dystochrepts, Xerofluvents, Xerorthents, Rhodoxeralfs, Haploxeralfs y Camborthids (United States Department of Agriculture, 1985).

Son suelos de reacción fuertemente básica (pH 8-8,5), llegando en algunos casos a ser extremadamente básica (pH = 8,5). El contenido en caliza activa es moderado, encontrándose normalmente algo descarbonatados. Los que están total o bastante descarbonatados corresponden a litofacies carbonato-magnésicas (dolomías) (Contratas Ancar, 2013).

Su textura predominante es franca, más arenosa en las litofacies más occidentales, y más esporádicamente franco arcillosa y franco limosa. Predominan los suelos pedregosos, determinados por el material origen (Contratas Ancar, 2013).

Dadas las precipitaciones y las temperaturas medias y la pendientes existente en casi toda la superficie quemada, los desarrollos del suelo nunca serán muy amplios, 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).

### 3.1.5. VEGETACIÓN

El paisaje vegetal de la zona hay que comprenderlo atendiendo tanto a los factores ecológicos como a la actuación humana, pues el descenso de la presión ganadera, la prácticamente total suspensión del aprovechamiento de leñas y carbones, ha dado lugar a la densificación de los subtipos y estratos bajos de las vegetaciones arboladas o arbustivas, con incremento de la incidencia del fuego forestal. Fruto de ello es el mosaico actual que forma la vegetación, trasladando las biocenosis clímax a etapas degradativas y preseriales e incrementando los ecotonos (Peña *et al.*, 2000).

La distribución de las especies del terreno arbolado, muestra un predominio de las coníferas sobre las frondosas, así como una elevada superficie donde estas especies coexisten (Peña *et al.*, 2000).

Según el Plan Director “Plantando Agua”, a grandes rasgos, se pueden diferenciar las siguientes formaciones vegetales existentes en el área de estudio, antes del incendio:

- **Pinares naturales maduros:** zonas con cubierta entre el 60 y el 100%, por *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra*, junto con especies acompañantes como *Quercus ilex*, *Quercus faginea*, *Sorbus domestica*, *Juniperus communis* y *Juniperus thurifera*; generalmente ubicados en laderas con pendientes moderadas o fuertes.
- **Pinares de repoblación:** son pinares de edad media, plantados entre los años 1955 y 1975. Están formados por masas puras de *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra* o mezcla de ambos. En el cabezo del Hierro, hay una pequeña masa repoblada de *Pinus pinaster*.
- **Sabinares y enebrales:** son masas de baja cobertura superficial y poca carga de combustible, situadas en zonas de alta pedregosidad, sobre canchales y roquedos. Compuestos por *Juniperus oxycedrus*, *J. phoenicea*, *J. communis*, *J. thurifera*.
- **Encinares:** más o menos densos, en monte bajo, en los que aparecen especies acompañantes como: sabinas, enebros y algún pie aislado del género *Pinus sp.*

### 3.1.6. FAUNA

La comarca de las Cuencas Mineras presenta gran diversidad y calidad de hábitats y especies que en ellos viven, cuenta con inmensos espacios de difícil penetración y con una presión humana baja, garantizando el aislamiento y la tranquilidad necesarios para muchas especies. En contrapartida, el territorio ha sido castigado por la deforestación, el pastoreo, la transformación agraria y la extracción minera. Los ecosistemas fluviales son hábitats esenciales pero frágiles que reciben todavía el impacto de vertidos diversos y que pueden ser objeto de aprovechamientos poco compatibles con el mantenimiento de su calidad (Bourrut, 2005).

Así, los hábitats presentes pueden ser óptimos para determinadas especies como el buitre leonado o la cabra montés cuyas poblaciones gozan de buena salud. Las parameras, también albergan interesantes poblaciones de aves esteparias. Algunas especies se mantienen en condiciones más o menos adecuadas, pero la fragilidad del hábitat las hace muy vulnerables (Bourrut, 2005).

- Vertebrados:
  - Anfibios: en la comarca no abundan las zonas húmedas, pero los anfibios mediterráneos están bien adaptados al terreno, sabiendo aprovechar los escasos puntos de agua existentes y los débiles cauces de los ríos. La rana común, el sapo corredor, el de espuelas, el partero, el común y el moteado, son especies bien adaptadas a ambientes secos y presentes en la comarca.
  - Reptiles: algunas de las múltiples especies de sangre fría que se encuentran en la comarca son la víbora hocicuda, la lagartija colilarga, el lagarto ocelado, la lagartija ibérica, la culebra de escalera y la lisa meridional y el eslizón ibérico.
  - Aves: la dominancia de amplias zonas abiertas y de abundantes roquedos favorece la existencia de las aves esteparias y de las aves rupícolas, frente a las aves de zonas boscosas y matorral denso. Entre las esteparias figuran los aláudidos, collalbas, pardillos, alcaraván y ortegas. Entre los rupícolas se encuentran el vencejo real, los aviones roqueros y el roquero solitario. Como aves rapaces están el buitre leonado, el búho real, el águila real, el halcón peregrino y el cernícalo. Y alguna pareja de águila perdicera.
  - Mamíferos: la comarca es zona de expansión de la cabra montés y aun viven nutrias en las hoces del río Guadalope. Además están presentes

- el jabalí, el zorro, la comadreja, el tejón, la garduña, la jineta, el murciélago, la ardilla, el lirón cartero, el conejo y la liebre.
- Peces: adaptados al régimen mediterráneo irregular y con fuertes estiajes, están presentes la trucha común, el barbo colirrojo, la bermejuela, la madrilla y el gobio (Bourrut, 2005).
  - Invertebrados: la ausencia de agricultura intensiva favorece el mantenimiento de las comunidades de invertebrados, en partículas de las mariposas. La comunidad de invertebrados está poco estudiada en la comarca (Bourrut, 2005).

### 3.2. RODALES ESTUDIADOS

La Fase II del proyecto “Plantando Agua”, siendo ésta el objeto de seguimiento y evaluación del presente trabajo fin de grado, se llevó a cabo desde el otoño de 2015 hasta el comienzo de la actividad vegetativa de la planta en primavera de 2016. Se reforestaron 14,2 ha repartidas en dos rodales de plantación, cuya descripción según el Plan Director es:

- **Rodal 9**

Este rodal se encuentra en el Monte de Utilidad Pública (M.U.P.) nº 84, en el término municipal de La Zoma. Situado al sur del Cabezo del Hierro, a una altitud media de 1.250 m, de forma convexa y orientación noreste, con pendiente suave, pedregosidad media, suelo de calizas y dolomías, cubierta vegetal herbácea y arbustiva típica de etapas pioneras tras grandes perturbaciones como el incendio del 2009, sin regeneración de *Pinus nigra* ni rebrotes de *Quercus ilex* o *Juniperus oxycedrus* que existían antes de dicho incendio.

En él se han reforestado 6,7 ha, con 2.412 plantas de *Quercus ilex*, 268 de *Quercus ilex* micorizadas con *Tuber melanosporum*, 2.680 *Juniperus oxycedrus* y 335 *Crataegus monogyna*. En todas las plantas de *Quercus ilex* se colocaron tubos protectores. La encina y el majuelo se implantaron en las

zonas de más suelo, reservando la sabina y el enebro a las zonas de mayor pedregosidad. La densidad de la plantación de este rodal fue de 900 pies/ha.

- **Rodal 13**

Este rodal se encuentra en el M.U.P. nº 85, en el término municipal de La Zoma, en el monte llamado Majalinos. Este rodal se sitúa a 1.400 m, en la ladera orientada al norte, con pendiente y pedregosidad moderada, suelo calizo con dolomías masivas, cubierta vegetal herbácea y arbustiva también colonizadora y posterior al incendio pero sin regeneración natural del pinar silvestre que lo poblaba antes.

La reforestación se realizó concretamente en la umbría del barranco de las Carboneras, a continuación del área repoblada de la Fase I del Plan Director. En ésta se plantaron un total de 7,5 ha, con 6.750 *Pinus sylvestris*, 375 plantas de *Acer monspesulanum* y 375 de *Sorbus domestica*. Al quejigo se le colocaron tubos protectores. Se implantaron bosques de frondosas mezcladas, formando rodales de no menos de 130 pies (equivalentes a una superficie de 1.000 m<sup>2</sup>) entre repoblación de coníferas. La densidad de plantación en este rodal fue de 1.300 pies/ha.

### 3.3. CONTROL DE LA SUPERVIVENCIA Y DEL CRECIMIENTO

#### 3.3.1. DISEÑO DEL MUESTREO EN CAMPO

Para medir el éxito de la replantación de la Fase II, se midió tanto la supervivencia como el crecimiento en dos fechas. La supervivencia se midió en julio y en diciembre de 2016, es decir, antes y después del periodo estival, para conocer cómo afectan las altas temperaturas y la sequía a la plantación. Para el seguimiento se hizo un recuento de individuos vivos y muertos (Anexo 3).

En cuanto al crecimiento, se midió en julio de 2016 y marzo de 2017, con el propósito de recoger el desarrollo de los plantones, midiendo tanto el diámetro del tallo con un calibre digital como su altura con un flexómetro (Anexo 3), siguiendo el método empleado en los trabajos de del Campo *et al.* (2008), Segura (2011) y Mercé (2013).

En ambos casos, se repitieron los muestreos sobre los mismos individuos y dichos datos se apuntaron en los estadillos de campo (Anexo 4).

Ambos rodales de la zona de estudio se dividieron, según sus características de pendiente y orientación, en unidades ambientales, clasificándolas posteriormente según su forma de relieve en, importadoras (concentración de agua y nutrientes) o exportadoras.

Las unidades ambientales en las que se dividieron los rodales fueron:

- **Rodal 9**

- Ladera convexa E (exportadora)
- Ladera convexa NE (exportadora)
- Bancal fondo vaguada (importadora)
- Bancal ladera NE (importadora)

- **Rodal 13**

- Ladera de solana (exportadora)
- Ladera convexa de umbría (exportadora)
- Ladera cóncava de umbría (importadora)
- Ladera recta NW (exportadora)
- Ladera convexa W (exportadora)
- Fondo de barranco abancalado (importadora)
- Ladera de umbría pie de monte (exportadora)
- Fondo de vaguada (importadora)

Para llevar a cabo el seguimiento de la supervivencia, se decidió muestrear el 10% de cada una de las unidades ambientales. Para ello se delimitaron las unidades ambientales con el visor IBERPIX (Instituto Geográfico Nacional, 2016a) y se determinó el área de cada una de ellas:



**Tabla 1. Área de cada unidad ambiental.**

Unidad ambiental	Área (ha)
Ladera convexa E (Rodal 9)	3
Ladera convexa NE (Rodal 9)	2,9
Bancal fondo vaguada (Rodal 9)	0,5
Bancal ladera NE (Rodal 9)	0,3
Ladera de solana (Rodal 13)	2,87
Ladera convexa de umbría (Rodal 13)	0,76
Ladera cóncava de umbría (Rodal 13)	0,57
Ladera recta NW (Rodal 13)	1,2
Ladera convexa W (Rodal 13)	0,63
Fondo de barranco abancalado (Rodal 13)	0,19
Ladera de umbría pie de monte (Rodal 13)	0,61
Fondo de vaguada (Rodal 13)	0,67

Para el control del crecimiento, se midieron 15 pies de cada especie presente en cada unidad ambiental.

### 3.3.2. TRABAJO DE CAMPO

- Supervivencia

Para el seguimiento de la supervivencia, se seleccionaron una o dos parcelas dependiendo del tamaño del área a muestrear y/o las características de la unidad ambiental, con objeto de representar fielmente cada una de ellas. Cada parcela era circular, excepto en “Fondo de vaguada” que debido a que es una unidad pequeña y de forma alargada, la parcela también se hizo a lo largo. El radio oscilaba en 8 y 15 m dependiendo del tamaño de la parcela y el número de parcelas (Anexo 3).

Para seleccionar la ubicación de las parcelas, se llevó a cabo un muestreo sectorizado, es decir, se procuró representar las formas de relieve mediante las que se habían caracterizado las unidades.

Cada parcela se marcó con una estaca grande y pintada con spray para hacerla más visible, situada en el centro de la parcela y en la cual se rotuló el nombre

de la unidad ambiental y el número de la parcela, en el caso que hubiese más de una (Anexo 3).

Después se observaron todos los individuos situados dentro de las parcelas comprobando si estaban vivos o muertos. Se encontraron numerosos hoyos y tubos protectores sin planta. Los hoyos vacíos se asumieron a un fallo de plantación y no se tuvieron en cuenta a la hora de calcular la supervivencia, mientras que el número de tubos vacíos se repartió entre las especies que tenían tubo presentes en la unidad ambiental.

Para evitar medir dos veces el mismo individuo, según se anotaba el estado de la planta, se señaló con spray (Anexo 3). Además con este marcaje, en el segundo muestreo se supo qué individuos muestrear.

Por si se borraban los marcajes, con la ayuda de un GPS se tomaron las coordenadas de la estaca central de todas las unidades ambientales (Anexo 5). Y posteriormente se confeccionaron los mapas (Anexo 6) con el programa ArcGIS 10.1 (Esri, 2010), utilizando la hoja 0518 del MTN50 obtenida del Centro de Descargas (Instituto Geográfico Nacional, 2016b).

- Crecimiento

Por otro lado, los individuos para el estudio del crecimiento se seleccionaron mediante un muestreo no probabilístico, ya que se rechazaron los individuos que aparentaban peor estado, para tener mayor posibilidad de que en la última medición siguiesen vivos, además de que se procuró tomar datos de individuos que representaran las distintas condiciones de la unidad ambiental.

Se marcó cada uno de ellos con una estaca pequeña pintada con spray y rotulada con la inicial de la especie y el número correspondiente del 1 al 15 (Anexo 3).

Para medir la altura del tallo se empleó un flexómetro de escala milimétrica y se midió desde el suelo hasta la yema terminal (Anexo 3).

Para la medida del diámetro basal se empleó un calibre digital de escala micrométrica y se midió a la altura del el suelo, excepto en el caso de *Sorbus domestica*, debido a que presenta un engrosamiento de tamaño variable en la base del tallo, para que estas fluctuaciones no alteraran las medidas, fueron tomadas justo por encima de dicho engrosamiento (Anexo 3).

Para facilitar posteriores tomas de datos, se realizaron mapas de localización con las coordenadas GPS de los individuos medidos. Estos mapas se realizaron con el programa ArcGIS 10.1 (Esri, 2010), utilizando la hoja 0518 del MTN50 obtenida del Centro de Descargas (IGN, 2016b) (Anexo 6).

### 3.4. TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Una vez tomados los datos en campo, se pasó a su digitalización y preparación para aplicarles el análisis estadístico. Además se confeccionaron las tablas y figuras. Estas tareas se realizaron con el programa Microsoft Excel.

Hubo que omitir varios datos de crecimiento por distintas razones: algunos marcajes se habían borrado y no se pudieron coger las medidas en la segunda toma de datos; en otros individuos se cometió un error de muestreo por no contar con la aportación de sedimentos; y otros individuos fueron ramoneados o partidos por la fauna silvestre.

También se solicitó la información meteorológica a la estación “R089 Repetidos de Majalinos” a la Confederación Hidrográfica del Ebro. El objetivo de estos datos era obtener la precipitación y  $T^a$  media diaria durante el periodo del seguimiento, para elaborar el diagrama ombrotérmico. Con estos datos también se calculó la evapotranspiración con el programa CROPWAT 8.0 (Food and Agriculture Organization, descargado en 2017) para el periodo de tiempo de marzo a noviembre de 2016.

#### 3.4.1.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico de los datos se realizó con el programa IBM SPSS Statistics versión 22.0 (IBM Corp., 2013). Dependiendo de si las variables de estudio eran discretas o continuas se aplicaron distintas pruebas estadísticas.

- Supervivencia

La medición de la supervivencia, consistió en una variable discreta, “Estado de la planta”, la cual podía tener dos valores, viva o muerta. A partir de ésta se obtuvo la variable continua “Porcentaje de supervivencia de la unidad ambiental”. Siendo distintas las pruebas aplicadas según la variable. La primera se analizó con la prueba estadística Chi-cuadrado, mientras que la segunda se analizó con análisis de varianza.

Los análisis de varianza están sujetos a unas condiciones para poder ser aplicados: si los datos presentan una distribución normal y homogeneidad de varianzas, se puede aplicar la prueba ANOVA de un factor. En el caso de heterogeneidad y/o distribución no gaussiana, hay que realizar transformaciones en los datos para poder aplicar la prueba. Pero si los datos no presentan respuesta a las transformaciones, se pueden aplicar pruebas no paramétricas. En este caso, la supervivencia no cumplía las hipótesis de normalidad y no mostró diferencias con las transformaciones, por lo que se aplicaron análisis de varianza no paramétricos: la prueba U de Mann-Whitney si la comparación era entre dos medias o la H de Kruskal-Wallis si se comparaban tres o más medias.

- Crecimiento

Para analizar el crecimiento de las plantas se contaba con dos variables continuas: “Diámetro basal” y “Altura del tallo”. Pero tras la segunda toma de datos, se decidió prescindir de los datos de la altura, ya que no eran representativos por diversas razones que se explican en el apartado de resultados.

Para analizar las diferencias de crecimiento del diámetro basal entre especies tras el periodo de estudio, se trabajó con el crecimiento de las variables, es decir, se realizó la comparación de medias de datos independientes. Como las distribuciones no eran normales o las varianzas no homogéneas, se aplicó al igual que en el caso de la supervivencia, la prueba U de Mann-Whitney si la comparación era entre dos medias o la H de Kruskal-Wallis si se comparaban tres o más medias.

## 4. RESULTADOS

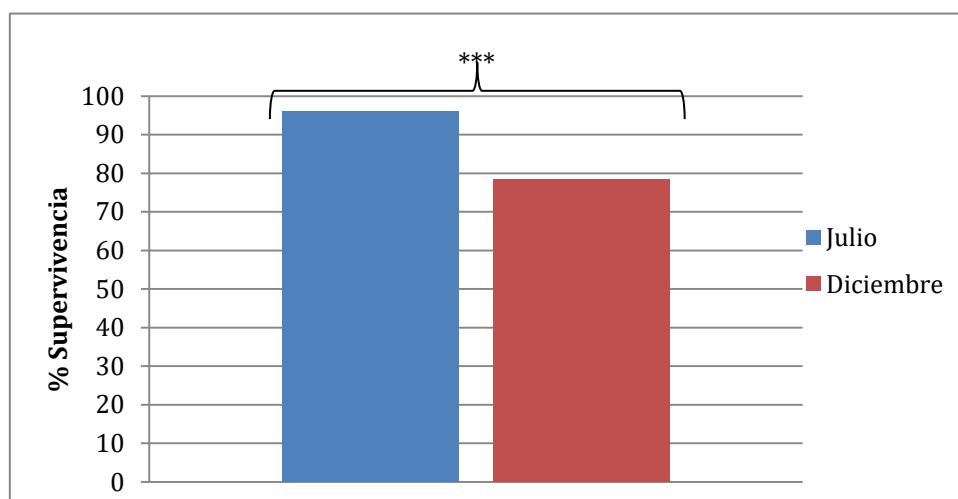
### 4.1. SUPERVIVENCIA

En este apartado se muestran los resultados de supervivencia registrados en los meses de julio y diciembre de 2016 para la plantación Fase II realizada en invierno del 2015-2016.

Las escalas espaciales en las que se representan los datos son tres: área de estudio, rodales y unidades ambientales:

#### 4.1.1. EN EL ÁREA DE ESTUDIO

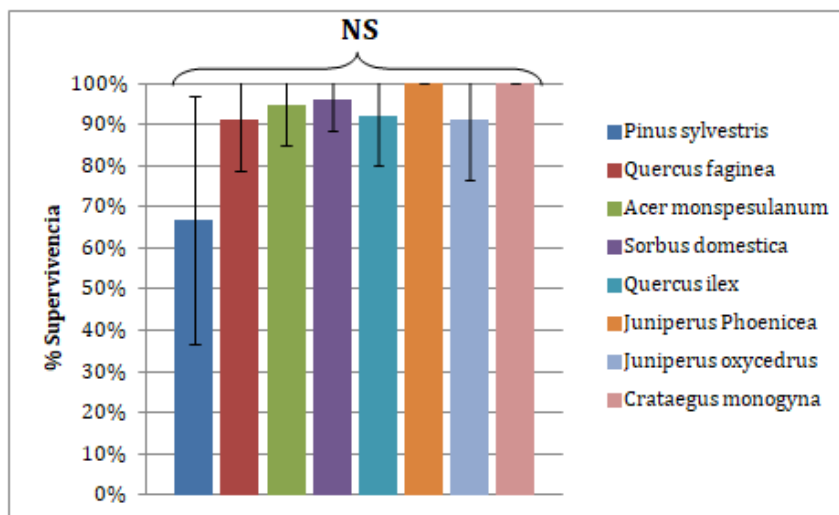
La supervivencia global en toda el área de estudio presenta diferencias significativas entre los muestreos de julio y diciembre del 2016, siendo del 96% en el mes de julio y del 78, 4% en diciembre (Figura 7). De esta diferencia de el 17.6%, el 3,3% murió antes del primer muestreo (julio 2016) y 14,3% es debido al efecto de los meses estivales.



**Figura 7. Porcentaje de supervivencia del conjunto de la plantación en toda el área de estudio.**

Esta comparación entre la supervivencia de los meses de julio y diciembre se realiza a partir de la prueba Chi-cuadrado. "\*\*\*\*" indica la existencia de diferencias significativas ( $p \leq 0,001$ ). ( $n = 1828$ ).

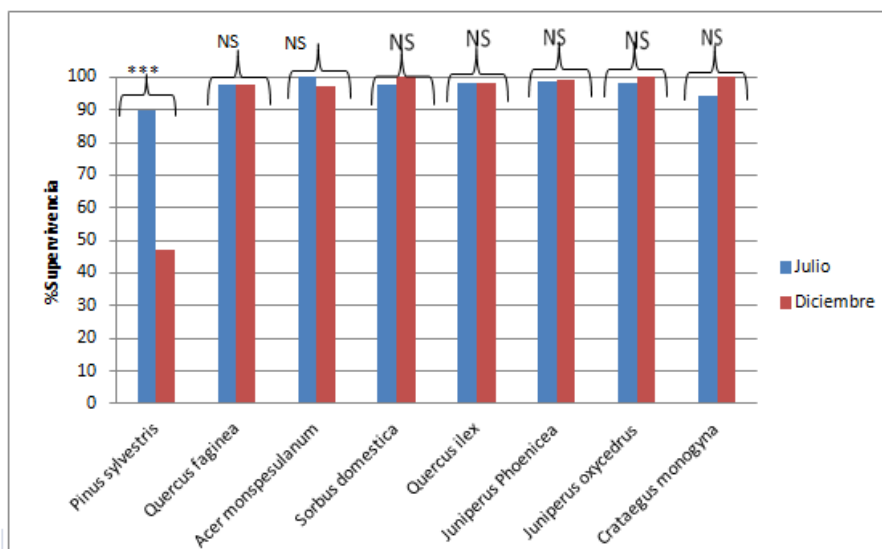
En la Figura 8 se observa como en diciembre de 2016 las especies que aparentemente mayor porcentaje medio de supervivencia mostraron en las distintas unidades estudiadas fueron *Juniperus phoenicea* y *Crataegus monogyna*, ambas con un 100% de supervivencia. Mientras que la menor supervivencia la obtuvo *Pinus sylvestris* (66,81%). Aunque las diferencias entre ellas no fueron significativas debido a la elevada varianza presentada por la supervivencia del pino.



**Figura 8. Porcentaje medios de supervivencia, tras el estiaje, de cada especie a nivel de toda el área de estudio.**

La comparación de los porcentajes medios de supervivencia en diciembre de todas las especies, a partir de la prueba estadística de kruskal-Wallis no fue significativa "NS" ( $p > 0,05$ ).

Como podemos ver en la Figura 9, la única especie que se vio significativamente afectada por el efecto del periodo estival fue el *Pinus sylvestris* que presentó durante ese periodo una mortalidad del 50%.

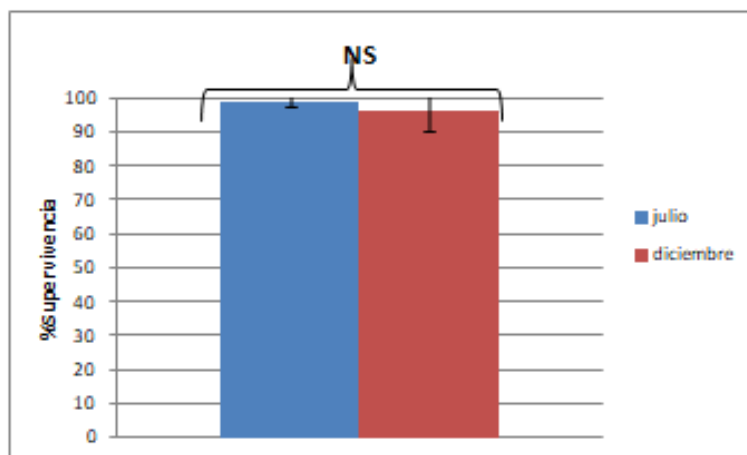


**Figura 9. Porcentajes de supervivencia, pre y post estivales, de cada una de las especies a nivel de toda el área de estudio.**

La comparación entre los meses de julio y diciembre se realizó a partir de la prueba Chi-cuadrado. “NS” indica la no existencia de diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) y “\*\*\*\*” indica la existencia de diferencias significativas al nivel  $p \leq 0.001$ . *Pinus sylvestris* ( $n = 622$ ), *Quercus faginea* ( $n = 377$ ), *Acer monspesulanum* ( $n = 78$ ), *Sorbus domestica* ( $n = 83$ ), *Quercus ilex* ( $n = 323$ ), *Juniperus phoenicea* ( $n = 196$ ), *Juniperus oxycedrus* ( $n = 89$ ), *Crataegus monogyna* ( $n = 104$ ).

#### 4.1.2. EN LOS RODALES DE PLANTACIÓN

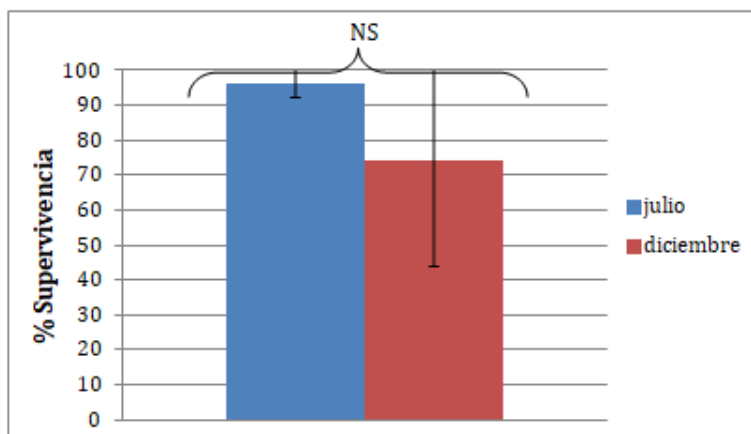
En la Figura 10 se presentan los porcentajes medios de supervivencia global de las unidades ambientales del Rodal 9 antes (99,06%) y después de la época estival (96,45%). Estos valores no mostraron diferencias significativas.



**Figura 10. Porcentajes medios y desviaciones estándar de supervivencia antes y después del periodo estival del Rodal 9.**

Comparación mediante la prueba Mann-Whitney. "NS" indica la no existencia de diferencias significativas.

Lo mismo ocurrió en el Rodal 13 (Figura 11) con valores medios de porcentajes de supervivencia global pre y post-estivales del 96,37% y el 74% respectivamente.

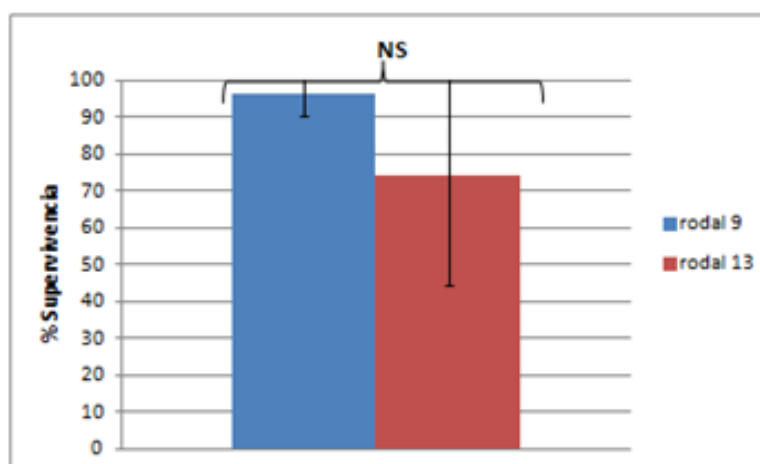


**Figura 11. Porcentajes medios de supervivencia antes y después del periodo estival del Rodal 13.**

Comparación mediante la prueba Mann-Whitney. "NS" indica la no existencia de diferencias significativas.

Comparando los valores medios de supervivencia en diciembre en las distintas unidades estudiadas de los rodales 13 y 9 (74% y 96,45% respectivamente) no se obtuvieron diferencias significativas entre los dos rodales, tal y como se observa en la Figura 12.



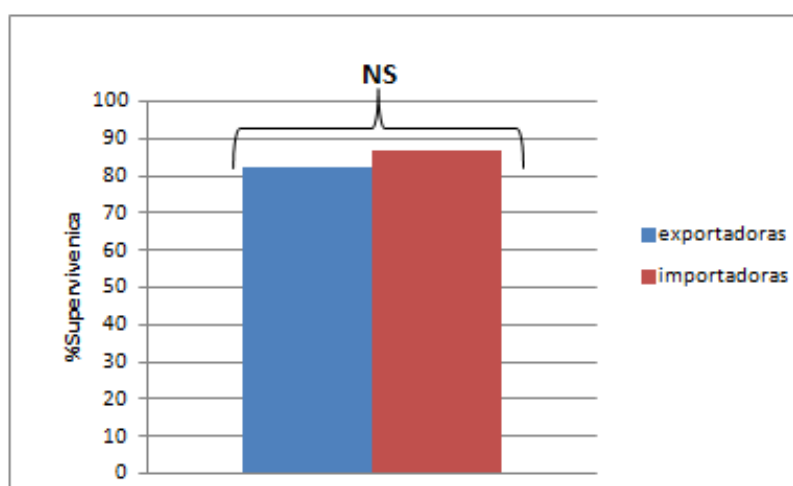


**Figura 12. Porcentajes medios de supervivencia del conjunto de la plantación, en diciembre, según los rodales.**

Comparación mediante la prueba Mann-Whitney. "NS" indica la no existencia de diferencias significativas.

#### 4.1.3. EN LAS UNIDADES AMBIENTALES

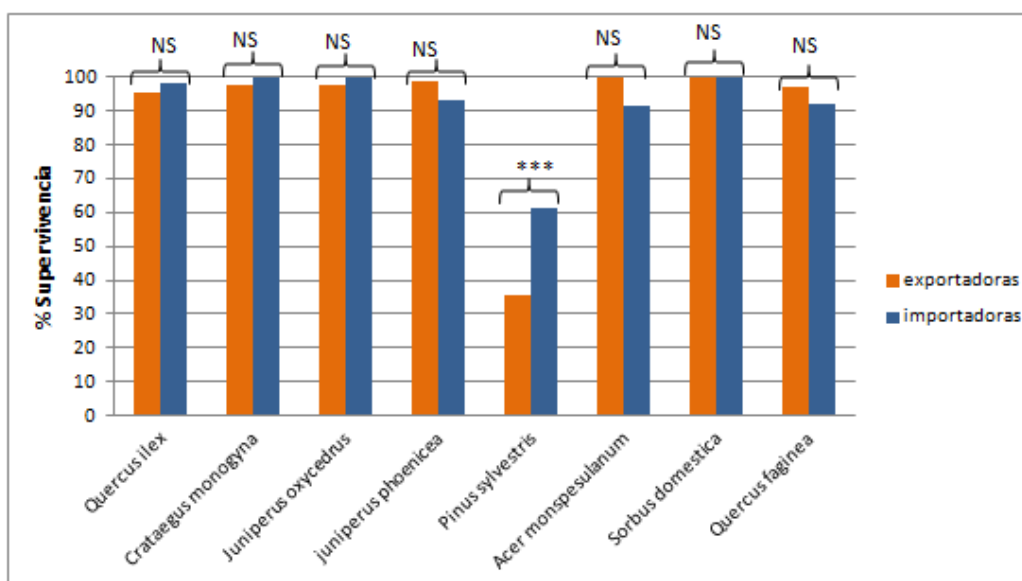
La Figura 13 muestra los porcentajes que registraron las unidades ambientales según su forma de relieve, exportadora o importadora. Siendo ligeramente más elevado el de las zonas importadoras, con un 86,7%, mientras que el de las unidades exportadoras fue del 82,26%. Aunque para la prueba Chi-cuadrado estas diferencias no se consideran significativas.



**Figura 13. Porcentaje de supervivencia del conjunto de la plantación, en diciembre, según las formas de relieve (importadoras o exportadoras).**

La comparación entre las unidades importadoras y exportadoras se realizó mediante la prueba Chi-cuadrado. "NS" indica la no existencia de diferencias significativas ( $p > 0,05$ ). Exportadoras ( $n = 643$ ) e importadoras ( $n = 233$ ).

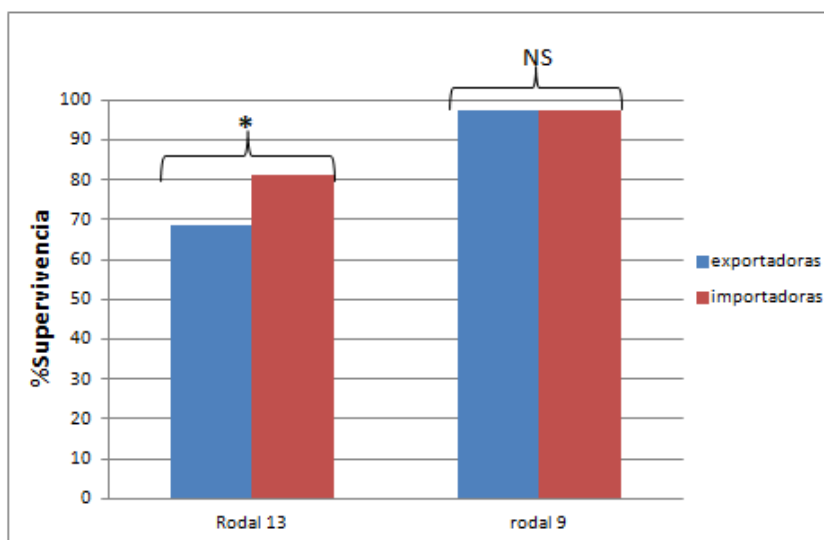
En la Figura 14 se puede apreciar que la única especie que mostró diferencias significativas en cuanto a la supervivencia dependiendo de la forma de relieve en el conjunto de la plantación fue *Pinus sylvestris*. Siendo para esta especie menor la tasa de supervivencia en las unidades con formas de relieve exportadoras, 35,35% frente al 61,43% que presentan las unidades con formas importadoras.



**Figura 14. Porcentajes de supervivencia, en diciembre, de cada una de las especies según la forma de relieve.**

La comparación entre la supervivencia de los pies plantados en zonas exportadoras y los plantados en zonas importadoras, se realizó mediante la prueba Chi-cuadrado. "NS" indica la no existencia de diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) y "\*\*\*\*" indica la existencia de diferencias significativas al nivel  $p \leq 0,001$ . *Pinus sylvestris* ( $n = 268$ ), *Quercus faginea* ( $n = 189$ ), *Acer monspesulanum* ( $n = 38$ ), *Sorbus domestica* ( $n = 42$ ), *Quercus ilex* ( $n = 167$ ), *Juniperus phoenicea* ( $n = 104$ ), *Juniperus oxycedrus* ( $n = 40$ ), *Crataegus monogyna* ( $n = 52$ ).

El Rodal 9 no presentó diferencias significativas de supervivencia global según la forma del relieve. Tanto las unidades ambientales con forma exportadora como las que presentaban forma importadora mostraron un alto porcentaje de supervivencia (97,17% y 97,5% respectivamente). Mientras que el Rodal 13 sí que mostró diferencias significativas, siendo mayor la supervivencia en las unidades importadoras (81,05%) que en las exportadoras (68,78%) (Figura 15).



**Figura 15. Porcentajes de supervivencia, en diciembre, de cada rodal de plantación según unidades con formas de relieve importadoras y exportadoras.**

La comparación entre las unidades exportadoras e importadoras se realizó mediante la prueba estadística Chi-cuadrado. "NS" indica la no existencia de diferencias significativas ( $p > 0,05$ ), "\*" indica la existencia de diferencias significativas al nivel  $p \leq 0,05$ . Exportadora Rodal 9 ( $n = 283$ ), importadora Rodal 9 ( $n = 80$ ), exportadora Rodal 13 ( $n = 362$ ) e importadora Rodal 13 ( $n = 153$ ).

A continuación, en la Tabla 2 se desglosan los resultados anteriores según especies en cada uno de los rodales. Se observó que la baja supervivencia de *Pinus sylvestris* en ambas formas de relieve, condicionó la supervivencia global del Rodal 13. A pesar de presentar una supervivencia baja en ambas formas de relieve, es mucho menor en las unidades con forma exportadora. Esto sucede en las demás especies a excepción de *Juniperus phoenicea*, *Acer monspesulanum* y *Quercus faginea*. Aunque las diferencias significativas solo se constatan en el caso del pino.

**Tabla 2. Comparativa del porcentaje de supervivencia, en diciembre, de cada una de las especies según formas de relieve importadoras y exportadoras en los dos rodales.**

Rodal	<i>Quercus ilex</i>				<i>Juniperus phoenicea</i>			
9	Imp	Exp	Sig	N	Imp	Exp	Sig	N
	98,1	95,6	NS	167	93,3	98,9	NS	104
	<i>Juniperus oxycedrus</i>				<i>Crataegus monogyna</i>			
13	Imp	Exp	Sig	N	Imp	Exp	Sig	N
	100	97,4	NS	40	100	97,6	NS	52
Rodal	<i>Pinus sylvestris</i>				<i>Acer monspesulanum</i>			
13	Imp	Exp	Sig	N	Imp	Exp	Sig	N
	61,4	35,4	***	268	91,7	100	NS	38
	<i>Sorbus domestica</i>				<i>Quercus faginea</i>			
13	Imp	Exp	Sig	N	Imp	Exp	Sig	N
	100	100	NS	42	91,8	97,1	NS	189

La comparación entre la supervivencia entre zonas importadoras y exportadoras se realizó a partir de la prueba estadística Chi-cuadrado. “NS” indica la no existencia de diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) y “\*\*\*” indica la existencia de diferencias significativas a nivel  $p \leq 0,001$ . “Imp” indica el porcentaje de supervivencia en las unidades con forma importadora, “Exp” indica el porcentaje de supervivencia en las unidades con forma exportadora, “Sig” indica el grado de significancia y “N” es el número de muestras estudiadas.

A continuación se muestran los resultados de analizar los datos de supervivencia según las unidades ambientales (Tabla 3).

Las unidades ambientales que mayor supervivencia global presentaron fueron: “Bancal ladera NE (Rodal 9)” (100%), “Ladera convexa W (Rodal 13)” (99,21%) y “Ladera recta NW (Rodal 13)” (98,86%); mientras que las unidades que menor porcentaje de supervivencia alcanzaron fueron: “Ladera cóncava de umbría (Rodal 13)” (64,81%), “Ladera convexa de umbría (Rodal 13)” (30%) y “Ladera de solana (Rodal 13)” (26,71%). Todas las demás unidades ambientales presentaron supervivencias comprendidas entre el 98 y 80%.

En la Tabla 3 se puede ver como *Quercus ilex*, *Pinus sylvestris* y *Acer monspesulanum* fueron las especies cuya supervivencia mostró dependencia de las unidades ambientales. *Quercus ilex* obtuvo la menor supervivencia en la unidad “Ladera convexa NE (Rodal 9)”. *Pinus sylvestris* presentó las tasas de supervivencia más altas en las laderas orientadas al oeste (W) (Rodal 13), mientras que la unidad en la que presenta menor éxito es en la “Ladera de solana (Rodal 13)”. Por su parte *Acer*

*monspesulanum* en la única unidad ambiental en la que su porcentaje de supervivencia no es del 100% es en el “Fondo de barranco abancalado (Rodal 13)”.

**Tabla 3. Comparativa de los porcentajes de supervivencia global y de cada una de las especies, en diciembre, según las unidades ambientales.**

Unidad ambiental	Especies				
	Global	<i>Quercus ilex</i>	<i>Juniperus phoenicea</i>	<i>Juniperus oxycedrus</i>	<i>Crataegus monogyna</i>
Ladera convexa E	97,31 a	94,37 a	100 a	100 a	100 a
Ladera convexa NE	97,01 a	75 b	98,41 a	96,97 a	97,06 a
Bancal fondo vaguada	96,15 a	96 a	93,33 a	100 a	100 a
Bancal ladera NE	100 a	100 a			
<b>Número de muestras</b>	363	167	104	40	52
Unidad ambiental					
	Global	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Acer monspesulanum</i>	<i>Sorbus domestica</i>	<i>Quercus faginea</i>
Ladera de solana	26,71 c	26,71 d			
Ladera convexa de umbría	30 b	30 cd			
Ladera cóncava de umbría	64,81 b	62,5 b			83,33 a
Ladera recta NW	98,86 a	100 a	100 a	100 a	95,45 a
Ladera convexa W	99,21 a	100 a	100 a		98,8 a
Fondo barranco abancalado	84 b		75 b	100 a	75 a
Ladera de umbría pie de monte	82,05 b	70,83 ab		100 a	100 a
Fondo vaguada	88,31 b	59,09 bc	100 a	100 a	96,88 a
<b>Número de muestras</b>	538	268	38	42	190

Comparaciones dos a dos mediante la prueba Chi-cuadrado. Las letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre unidades ambientales al nivel  $p \leq 0,05$ .

En la única unidad ambiental del Rodal 9 en la que se evidenciaron diferencias de supervivencia entre las distintas especies fue la “Ladera convexa NE”, en la que *Quercus ilex* presentó la menor tasa de supervivencia. En cuanto al Rodal 13, las unidades que mostraron diferencias en cuanto a sus porcentajes de supervivencia entre las distintas especies fueron la “Ladera de umbría pie de monte” y el “Fondo de vaguada”, en ambas unidades fue *Pinus sylvestris* la especie que menor supervivencia presentó (Tabla 4).

**Tabla 4. Comparativa de los porcentajes de supervivencia, en diciembre, de cada una de las unidades ambientales según especies.**

Especie	Unidad ambiental							
	Ladera convexa E	Ladera convexa NE	Bancal fondo vaguada	Bancal ladera NE				
<i>Quercus ilex</i>	96,34 a	75 b	96 a	100				
<i>J. phoenicea</i>	100 a	98,41 a	93,33 a					
<i>J. oxycedrus</i>	100 a	96,97 a	100 a					
<i>C. monogyna</i>	100 a	97,06 a	100 a					
Número de muestras	149	134	52	28				
Especie	Unidad ambiental							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Pinus sylvestris</i>	26,71	30	62,5 a	100 a	100 a		70,83 b	59,09 b
<i>A. monspesulanum</i>				100 a	100 a	75 a		100 a
<i>S. domestica</i>				100 a		100 a	100 a	100 a
<i>Q. faginea</i>			83,33 a	95,45 a	98,8 a	75 a	100 a	96,88 a
Número de muestras	146	20	54	88	88	25	39	77

Comparación dos a dos mediante la prueba estadística Chi-cuadrado. Las letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre las especies. Donde: 1 = Ladera de solana, 2 = Ladera convexa de umbría, 3 = Ladera cóncava de umbría, 4 = Ladera recta NW, 5 = Ladera convexa W, 6 = Fondo de barranco abancalado, 7 = Ladera umbría pie de monte y 8 = Fondo de vaguada.

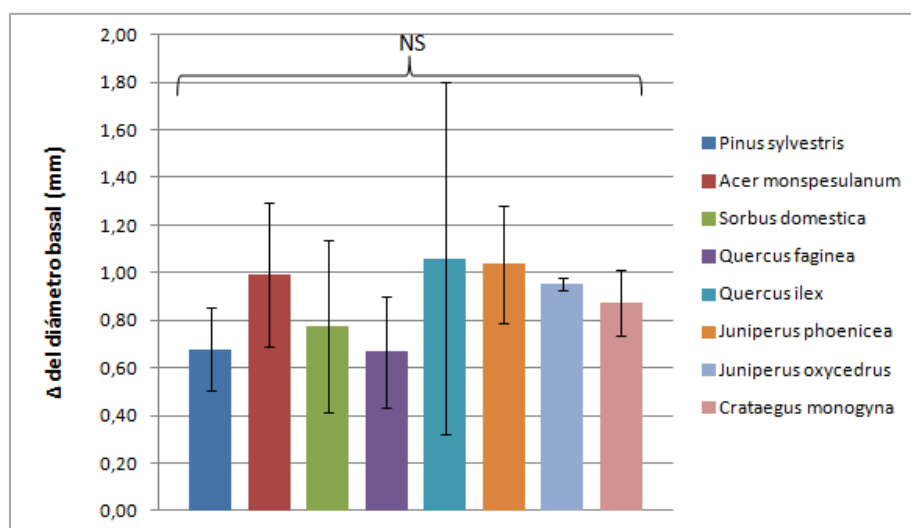
## 4.2. CRECIMIENTO

En este apartado se muestran los resultados de crecimiento de las distintas especies del estudio entre julio de 2016 y marzo de 2017, relativos a la plantación Fase II realizada en el invierno 2015-2016.

### 4.2.1. DIÁMETRO BASAL DEL TALLO

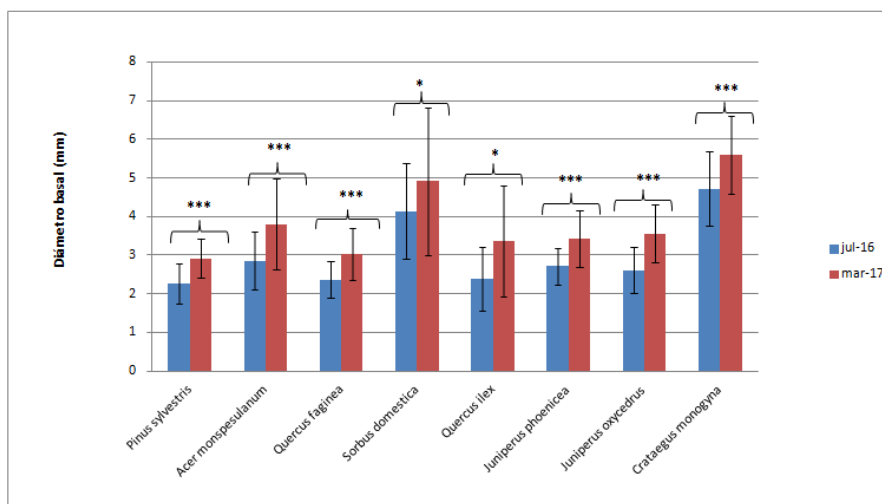
#### 4.2.1.1. EN EL CONJUNTO DE LA PLANTACIÓN

Como se observa en la Figura 16, el crecimiento medio del diámetro basal del tallo de las distintas especies del área de estudio no presentó diferencias significativas. No obstante, todas las especies experimentaron un crecimiento significativo de julio de 2016 hasta marzo de 2017 como se puede ver en la Figura 17.



**Figura 16. Crecimiento del diámetro basal por especies en toda el área de estudio.**

La prueba estadística de Kruskal-Wallis entre especies resultó no significativa ( $p > 0,05$ ). *Pinus sylvestris* ( $n = 7$ ), *Acer monspesulanum* ( $n = 4$ ), *Quercus faginea* ( $n = 6$ ), *Sorbus domestica* ( $n = 4$ ), *Quercus ilex* ( $n = 4$ ), *Juniperus phoenicea* ( $n = 3$ ), *Juniperus oxycedrus* ( $n = 2$ ) y *Crataegus monogyna* ( $n = 3$ ).

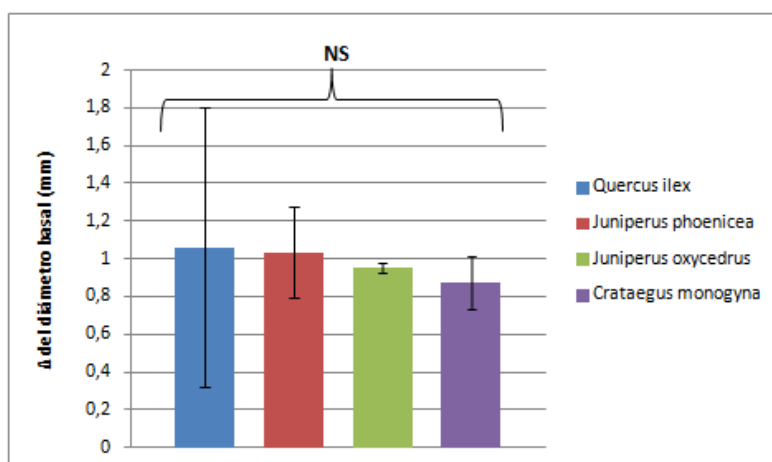


**Figura 17. Comparación del diámetro basal según especies en toda el área de estudio, en julio de 2016 y marzo de 2017.**

La prueba estadística U de Mann-Whitney mostró diferencias significativas entre la media de diámetro basal de julio y la de marzo en todas las especies ( $p \leq 0,05$ ). “\*” indica diferencias significativas al nivel  $p \leq 0,05$  y “\*\*\*” indica diferencias significativas a nivel  $p \leq 0,001$ . *Pinus sylvestris* ( $n = 104$ ), *Acer monspesulanum* ( $n = 100$ ), *Quercus faginea* ( $n = 96$ ), *Sorbus domestica* ( $n = 104$ ), *Quercus ilex* ( $n = 48$ ), *Juniperus phoenicea* ( $n = 66$ ), *Juniperus oxycedrus* ( $n = 48$ ) y *Crataegus monogyna* ( $n = 70$ ).

#### 4.2.1.2. EN LOS RODALES

La comparación de las medias de crecimiento de diámetro basal entre las especies del Rodal 9 no muestra diferencias significativas entre ninguna de las especies (Figura 18).

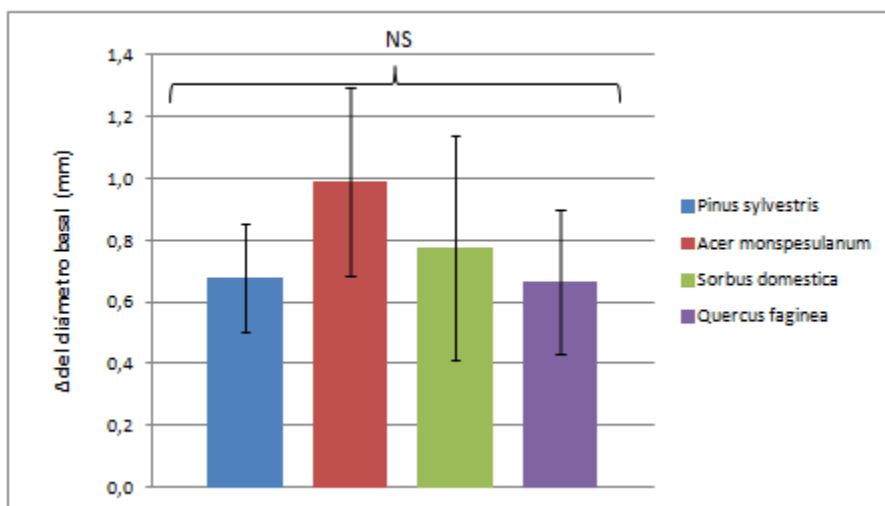


**Figura 18. Crecimiento medio del diámetro basal por especies en el rodal 9.**



Prueba Kruskal-Wallis no significativa entre las distintas especies ( $p > 0,05$ ). *Quercus ilex* ( $n = 4$ ), *Juniperus phoenicea* ( $n = 3$ ), *Juniperus oxycedrus* ( $n = 2$ ) y *Crataegus monogyna* ( $n = 3$ ).

En el Rodal 13 tampoco se observan diferencias significativas de crecimiento del diámetro medio basal en ninguna de las especies (Figura 19).

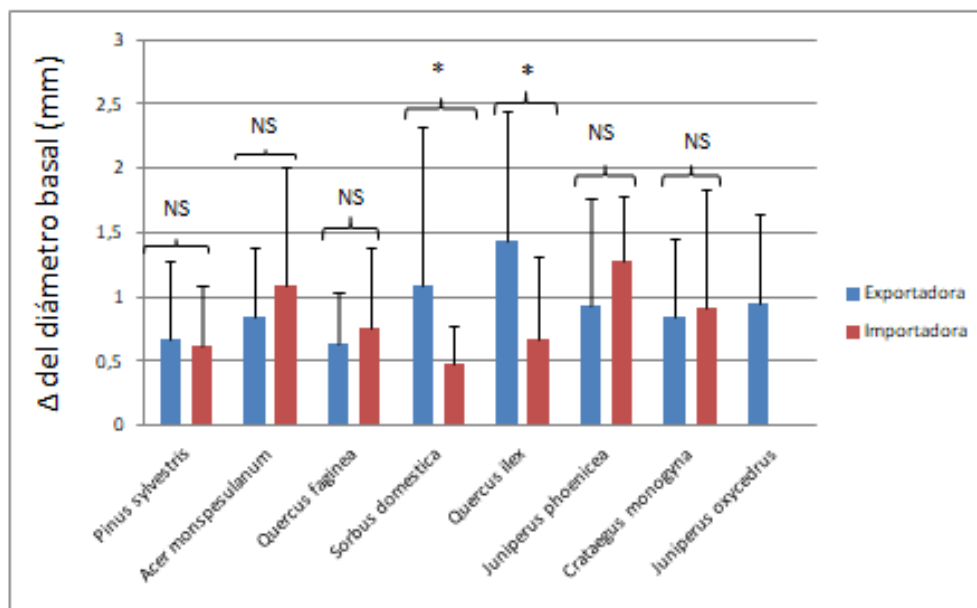


**Figura 19. Crecimiento del diámetro basal por especies en el rodal 13.**

Prueba Kruskal-Wallis no significativa entre las distintas especies ( $p > 0,05$ ). *Pinus sylvestris* ( $n = 7$ ), *Acer monspesulanum* ( $n = 5$ ), *Sorbus domestica* ( $n = 4$ ) y *Quercus faginea* ( $n = 6$ ).

#### 4.2.1.3. EN LAS UNIDADES AMBIENTALES

A continuación, en la Figura 20, se muestra el crecimiento del diámetro basal del tallo según si la forma del relieve es importadora o exportadora, para las distintas especies de la plantación. Como se puede observar, las únicas especies que vieron condicionado el crecimiento del diámetro del tallo según la forma del relieve fueron *Sorbus domestica* y *Quercus ilex*, que crecen más en las unidades ambientales con formas de relieve exportadoras. Todas las demás especies, a excepción de *Juniperus oxycedrus* que no se pudo comparar ya que solo estaba presente en zonas con relieve exportador, no mostraron diferencias significativas.



**Figura 20. Crecimiento del diámetro basal por especies, según la forma del relieve.**

Prueba Kruskal-Wallis entre las distintas especies según la forma de relieve. “NS” indica la no significancia ( $p > 0,05$ ) y “\*” indica significancia al nivel  $p < 0,05$ . *Pinus sylvestris* ( $n = 52$ ), *Acer monspesulanum* ( $n = 50$ ), *Sorbus domestica* ( $n = 52$ ), *Quercus faginea* ( $n = 48$ ), *Quercus ilex* ( $n = 23$ ), *Juniperus phoenicea* ( $n = 33$ ), *Juniperus oxycedrus* ( $n = 24$ ) y *Crataegus monogyna* ( $n = 35$ ).

Tal y como muestran las Tablas 5 y 6 las unidades ambientales tampoco condicionaron el desarrollo del diámetro basal de las distintas especies. No obstante, todas especies presentaron crecimiento en todas las unidades ambientales, aunque no se observó ningún patrón de crecimiento según las condiciones ambientales de relieve y orientación.

**Tabla 5. Comparativa del crecimiento del diámetro basal de cada una de las especies según las unidades ambientales (Rodal 9).**

Unidad ambiental	Especies							
	<i>Quercus ilex</i>		<i>Juniperus phoenicea</i>		<i>Juniperus oxycedrus</i>		<i>Crataegus monogyna</i>	
	X	s	x	S	x	s	X	S
Ladera convexa E	1,2	0,8	1,02	0,8	0,97	0,37	0,98	0,64
Bancal fondo vaguada	0,31		1,3	0,5			0,92	0,92
Bancal ladera NE	0,7	0,67						
Ladera convexa NE	2,02	1,5	0,8	0,93	0,93	0,88	0,72	0,58
<b>Significancia</b>	NS		NS		NS		NS	
<b>Nº de muestras</b>	23		33		24		35	

Comparaciones mediante la prueba de Kruskal-Wallis, excepto *J. oxycedrus* que se realizó con la prueba U de Mann-Whitney. “NS” en la misma columna indica la no existencia de diferencias significativas ( $p > 0,05$ ), “x” es la media muestral y “s” la desviación estándar.

**Tabla 6. Comparativa del crecimiento del diámetro basal de cada una de las especies según unidades ambientales (Rodal 13).**

Unidad ambiental	Especies							
	<i>Pinus sylvestris</i>		<i>Acer monspesulanum</i>		<i>Sorbus domestica</i>		<i>Quercus faginea</i>	
	X	S	x	s	X	S	X	S
Ladera de solana	0,96	0,54						
Ladera convexa de umbría	0,55	0,76						
Ladera cóncava de Umbría	0,51	0,44					0,45	0,4
Ladera recta NW	0,86	1,03	0,9	0,55	1,12	1,01	0,49	0,27
Ladera convexa W	0,63	0,33	1,38	0,82			0,87	0,45
Fondo de barranco abanclado			0,86	0,64	0,4	0,29	0,92	0,97
Ladera de umbría pie de monte	0,53	0,34	0,61	0,38	1,05	1,51	0,43	0,23
Fondo vaguada	0,71	0,51	1,22	1,01	0,53	0,31	0,84	0,48
<b>Significancia</b>	NS		NS		NS		NS	
<b>Nº de muestras</b>	52		50		52		48	

Comparaciones mediante la prueba de Kruskal-Wallis. "NS" en la misma columna indica la no existencia de diferencias significativas ( $p > 0,05$ ), "x" es la media muestral y "s" la desviación estándar.

También se analizó mediante la prueba estadística de Kruskal-Wallis si las distintas especies presentes en las unidades ambientales mostraron diferencias significativas entre ellas. Esta comparativa no mostró diferencias significativas (Anexo 2).

#### 4.2.2. ALTURA DEL TALLO

En cuanto a la altura del tallo, tras la toma de datos de marzo, se decide no emplear estos datos, ya que no eran representativos debido a varios motivos:

- Herbivoría: durante la toma de datos se observaron varios ejemplares ramoneados.
- Partición del tallo: también se encontraron algunos ejemplares partidos, probablemente por el paso de fauna silvestre o el viento.
- Errores de muestreo: se observó que muchos ejemplares, que estaban sin partir ni ramonear, presentaban alturas menores en marzo de 2017 que en julio



de 2016. Esto es debido a que en ejemplares tan pequeños, en los que las diferencias de crecimiento en un periodo tan corto de tiempo es de unos pocos centímetros, las aportaciones de tierra por causas naturales pueden llevar al error de no estar midiendo el individuo completo.

## 5. DISCUSIÓN

El éxito de una replantación forestal lo condicionan varios factores: calidad de la planta, fecha de plantación, condiciones meteorológicas y edáficas, vegetación herbácea y heterogeneidad espacial. Aunque las condiciones meteorológicas y la heterogeneidad espacial predominan sobre los demás (Cortina *et al.*, 2006), sobre todo en ambientes de clima mediterráneo (Segura, 2011).

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 (Vilagrosa *et al.*, 1997).

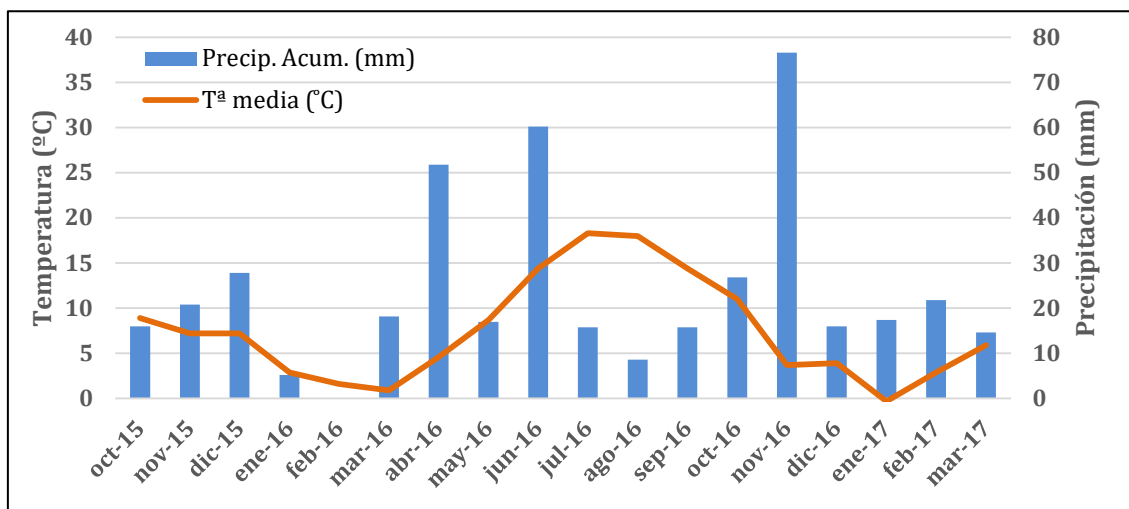
Por otro lado, la disponibilidad de agua durante el periodo vegetativo es el limitante para el crecimiento inicial de la planta. A su vez, esta disponibilidad se ve condicionada principalmente por las precipitaciones y temperaturas, aunque le influyen varios factores más relacionados con el suelo, el tipo de relieve y la especie vegetal, etc.

Para valorar el éxito de la Fase II del proyecto “Plantando Agua”, es decir, la supervivencia y el crecimiento de las especies plantadas, sólo se han considerado como factores incidentes las condiciones meteorológicas y la heterogeneidad espacial. Por lo que las conclusiones quedan sujetas a la incertidumbre de no haber analizado el resto de condicionantes que afectan al éxito de la replantación.

El diagrama ombrotérmico de la Figura 21 recoge los datos climáticos desde el mes en el cual se inició la replantación hasta el mes en el que se realizó el último muestreo (octubre 2015 hasta marzo 2017). Éste sigue el patrón característico de la zona, concentrando las precipitaciones en primavera y otoño y una acusada sequía en los meses de verano. Lo que se sale de lo típico en cuanto al régimen hídrico es la fuerte sequía que se produjo en enero y febrero. El registro de temperaturas sí que sigue el patrón habitual, con temperaturas medias cercanas al cero en los meses de invierno y al veinte en los meses de verano, estos últimos marcados por la demanda evaporativa en los meses estivales.

La evapotranspiración durante el periodo de tiempo de marzo a noviembre de 2016 da como resultado 680,83 mm. Si comparamos este dato con la media de evapotranspiración para esos mismos meses de la Serranía de Montalbán, que da como resultado 857,1 mm (Martínez *et al.*, 1998) y teniendo presente la diferencia de altitud, podemos decir que la zona de estudio en el año 2016 presentó pocas carencias hídricas. Además el suelo juega un importante papel de reserva hídrica con

las lluvias previas a los meses más secos, concretamente en este caso las de abril y junio.

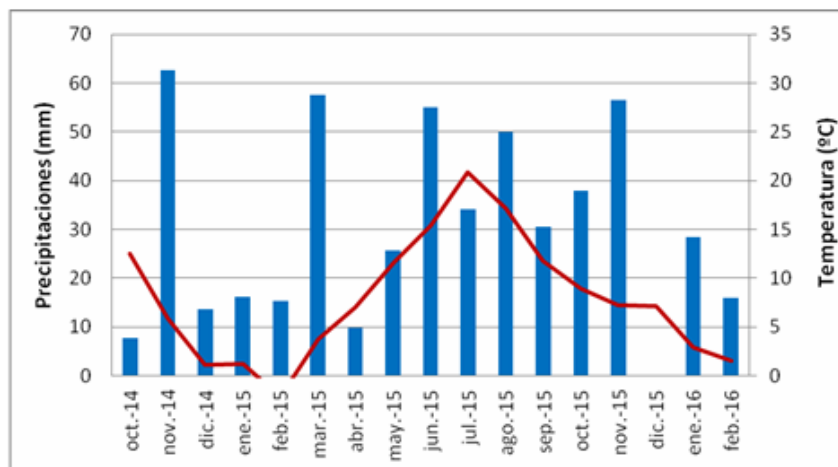


**Figura 21. Diagrama ombrotérmico. Datos obtenidos de la estación de Majalinos (serie de datos 1/10/2015 – 31/03/2017).**

Los resultados de supervivencia global obtenidos en este trabajo alcanzan en octubre de 2016 un valor de 78,4%. Los datos trabajados por Edo (2016) en el estudio de la Fase I del proyecto “Plantando Agua”, resultaron tener una supervivencia global en octubre de 72,7%. Comparando los diagramas ombrotérmicos (Figura 21 y Figura 22) de los periodos estudiados en los dos trabajos podemos considerar que el verano de 2015 fue un verano húmedo, en el cual apenas hubo carencias hídricas, y por lo general fue un año más generoso hídricamente, sin embargo la supervivencia final de ese año fue menor que la del 2016.

Este resultado puede ser debido a tres causas: por un lado probablemente sea debido a la forma de las precipitaciones, es decir, las lluvias del periodo estival es muy común que sean torrenciales, esta forma de precipitación no es muy aprovechable para las plantas, debido a la fuerte escorrentía y poca infiltración en el suelo. Y por otro lado a que en el estudio de la primera fase se contabilizó los hoyos vacíos como pies muestrales muertos cuando en realidad la mayoría había sido un fallo en la replantación y se habían dejado vacíos por error, en cambio en el presente trabajo los hoyos vacíos no se han contabilizado. La tercera causa hace referencia solo a las especies *Quercus ilex* y *Quercus faginea*, que muestran un 40 y 15% de supervivencia global respectivamente menor en la Fase I que en la Fase II. Esto se puede atribuir a que en la Fase I estas especies se plantaron con semilla y en la Fase II con plantón, lo

cual nos llevaría a recomendar este último material vegetal en sucesivas repoblaciones.



**Figura 22.** Diagrama ombrotérmico estación de Majalinos (serie de datos 1/10/2014 – 29/2/2016).  
**Fuente:** Edo, a. (2016).

Volviendo a la Fase II, teniendo en cuenta que la supervivencia tras el primer año es muy variable, con registros superiores al 90% y otros más bajos, del 30-20% o incluso inferiores según apuntan Cortina *et al.*, (2005); se puede afirmar que las tasas de supervivencia global y por especies en la plantación han sido altas.

Como ya se ha dicho antes, la supervivencia global para toda el área de estudio en el último muestreo de supervivencia (diciembre 2016) fue del 78,4%, un 17,1% menos que en el primer muestreo (julio 2016). Esta diferencia se debe, la mayor parte (14,3%), a los meses estivales, en los que las condiciones climáticas se endurecen por el aumento de temperaturas y la disminución de precipitaciones, por lo que la evapotranspiración aumenta; provocando cierto estrés hídrico que, en plantas de tan corta edad, cobra gran significancia.

En cuanto al porcentaje medio de supervivencia de cada especie tras el periodo estival, a pesar de que tras aplicar los estadísticos no se obtuvieron diferencias significativas entre ninguna de ellas, cabe destacar el descenso entre los valores medios de las especies con mayor supervivencia, *Juniperus oxycedrus* y *Crataegus monogyna* (100%), y la especie con menor supervivencia, *Pinus sylvestris* (66,81%). La media de supervivencia de *Pinus sylvestris* es tan baja debido a dos unidades ambientales: “Ladera de solana” (26,71%) y “Ladera convexa de umbría” (30%). En la primera la razón es, como su propio nombre indica, que por su orientación sur recibe mayor insolación que el resto de las unidades ambientales. Y en

la segunda es debido a que es una unidad ambiental muy pedregosa con el suelo poco evolucionado. No podemos saber, si estas condiciones afectarían igual al resto de especies empleadas en la repoblación, ya que en estas unidades solo se plantó *Pinus sylvestris*.

Esta especie de pino también fue la única que mostro diferencias significativas al comparar su supervivencia antes y después de los meses estivales (89,75 y 47,28% respectivamente), gran parte de esta diferencia es debida al poco éxito que ha tenido la especie en las unidades ambientales antes nombradas, aunque no son las únicas en las que presenta diferencias (Anexo1).

Los porcentajes de supervivencia pre y post estivales del Rodal 9 no mostraron diferencias significativas, ya que la mortalidad no fue muy acusada, presenta altas tasas en ambos periodos (99,06 y 96,45% respectivamente). Se puede decir, que la replantación fue todo un éxito en este rodal. Por otro lado, el Rodal 13, aunque tampoco mostró diferencias significativas, sí que tuvo una mayor mortalidad, ya que su tasa de supervivencia post estival fue un 22,37% menor que la pre estival. Mostrando aun así una tasa de supervivencia alta (74%). Este gran descenso es debido a la alta mortalidad del *Pinus sylvestris* en las unidades ambientales antes citadas.

Al comparar las tasas de supervivencia tras el periodo estival de ambos rodales, tampoco se obtuvieron diferencias significativas, aunque sí que mostró mayor éxito el Rodal 9. A pesar que esta comparativa queda condicionada, tanto a que los rodales pertenecen a ambientes distintos, con distinta orientación y suelo, como a que las especies de los rodales son distintas.

Tampoco resultó relevante la forma de relieve que presentaban las unidades ambientales para la supervivencia del conjunto del área de estudio ni para el Rodal 9. En cambio sí que hubo diferencias significativas, en la supervivencia de *Pinus sylvestris*, el cual casi duplica su supervivencia en las unidades ambientales con forma importadora. Una vez más, se le puede atribuir a esta especie ser la causa de que el Rodal 13 haya mostrado diferencias significativas entre las formas de relieve importadoras (81,05%) y exportadoras (68,78%).

Al analizar los porcentajes de supervivencia global de cada unidad ambiental, se obtuvo que en el Rodal 9, todas presentaron supervivencias superiores al 96% y no hubo diferencias significativas entre ninguna de ellas. Mientras que en el Rodal 13 se pueden distinguir tres grupos de unidades ambientales según sus tasas de supervivencia, en el primero de ellos estarían las laderas orientadas al oeste, "Ladera recta NW" y "Ladera convexa W", con supervivencias muy próximas al 100%. En el



segundo, las unidades situadas en la umbría y los fondos de barranco y vaguada, con supervivencias entre 89 y el 30 %. Y en el último estaría la unidad orientada al sur, “Ladera de solana”, con una supervivencia del 26,71%, la menor supervivencia de toda el área de estudio.

En cuanto a las especies según la unidad ambiental, en el Rodal 9, la única especie que mostró diferencias fue *Quercus ilex*, cuyas supervivencias fueron todas entre el 90 y el 100% excepto en la situación de convexidad en la “Ladera convexa NE” que presentó un 75%. En el Rodal 13, dos especies mostraron diferencias. La que mayores diferencias mostró fue el *Pinus sylvestris*, cuyas tasas de natalidad variaron entre el 100 y el 26,71%. La otra especie con diferencias significativas fue *Acer monspesulanum*, que mostró un éxito total en todas las unidades ambientales, excepto en “Fondo de barranco abancalado” en la cual sobrevivió el 75%. Aunque no mostró diferencias significativas con la media de supervivencia que presentó en el resto de unidades ambientales, *Quercus faginea* también obtuvo una tasa del 75% de supervivencia en esta unidad ambiental, esto es debido a que su número muestral de ambas especies en esta unidad ambiental es muy pequeño. De este rodal también cabe destacar las diferencias que se dieron al comparar todas las especies por unidad ambiental. En ambas unidades, “Ladera umbría pie de monte” y “Fondo de vaguada” la diferencia la dio *Pinus sylvestris* con un 70,83% y un 59,09% respectivamente, mientras que el resto de las especies en las dos unidades mostraron supervivencias del 100% o muy próximas.

Como se ha visto a lo largo del apartado, la baja supervivencia de *Pinus sylvestris* es lo más destacable de los resultados, la media obtenida para esta especie se ve disminuida por dos unidades ambientales una orientada al sur y otra con el suelo poco profundo. Esto indica que en esas condiciones dicha especie está sufriendo estrés hídrico.

En la última década en Teruel, se está observando que debido al cambio climático y su correspondiente subida de temperatura, las especies, de pino en este caso concreto, están experimentando un desplazamiento altitudinal de hábitat. Esta subida en altitud llega hasta el punto de que se han registrado germinaciones de *Pinus halapensis* a 1400 m, *Pinus nigra* también sube en altura, mientras que a *Pinus sylvestris* le falta altura en los montes turolenses para poder desplazarse (Navarro, 2016). Por lo que puede que la alta tasa de mortalidad de *Pinus sylvestris* en dichas unidades, sea una respuesta a este fenómeno.

En el Trabajo Final de Grado también realizado en esa zona titulado “Estudio de la regeneración natural de *Pinus sylvestris* L. tras el incendio Aliaga-Ejulve (2009), en el T.M de La Zoma (Teruel). Análisis de los factores biológicos y abióticos” (Pina, 2017) se presenta una densidad de pies regenerados baja, el 52,5% del terreno no muestra regeneración. Y aunque se obtiene como resultado que tanto la densidad como el porte de los pies regenerados se ve reducido con la altitud, también resultó que las mayores densidades, alturas y diámetros se dieron en las unidades ambientales con forma importadora (Pina, 2017).

En cuanto al crecimiento del diámetro basal por especies en toda el área de estudio, ninguna de ellas mostró diferencias significativas. El crecimiento osciló entre 0,65 y 1,1 mm. Si se compara el diámetro que presentaban en el primer muestreo (julio 2016) con el que tenían en el segundo (marzo 2017) todas las especies mostraron diferencias significativas. Respecto a este parámetro hay que tener presente que el error muestral puede ser importante, así que solo se han seleccionado los pies más seguros, por lo que el número de observaciones es bajo lo que en ocasiones no permite obtener diferencias significativas entre las observaciones.

Por ejemplo en el crecimiento del diámetro por especie y rodal, en ninguno de los rodales se obtuvieron diferencias significativas. En el Rodal 9, todas las especies aumentaron su grosor entorno a 1 mm. Mientras que en el Rodal 13, el crecimiento fue menor, excepto para *Acer monspesulanum*, el crecimiento del resto de especies oscila entre 0,6 y 0,8 mm.

Según la forma de relieve, solo dos especies mostraron diferencias, *Sorbus domestica* y *Quercus ilex*, que curiosamente crecieron más en las unidades ambientales con forma exportadora. *Quercus ilex* fue la especie con mayor crecimiento tanto del Rodal 9 como de todo el conjunto de la plantación, concretamente en la “Ladera convexa NE” y en el Rodal 13, el mayor crecimiento lo experimentó *Acer monspesulanum* en la unidad “Ladera convexa W”.

## 6. CONCLUSIONES

- La supervivencia global de toda la plantación, a fecha del último muestreo (diciembre 2016) fue del 78,4% y todas las especies alcanzaron supervivencias altas, a excepción de *Pinus sylvestris* que la obtuvo media.
- La supervivencia no se vio condicionada por el rodal de plantación.
- El trascurso del verano supeditó la supervivencia global en el Rodal 13 debido a la presencia de *Pinus sylvestris*, única especie que vio afectada su supervivencia en la época estival.
- *Pinus sylvestris* también fue la única especie que se vio influenciada por la forma de relieve, siendo mucho mayor su supervivencia en las unidades ambientales con forma importadora. Esta especie además parece sufrir estrés hídrico en las exposiciones de solana.
- Las medidas de crecimiento, tanto de diámetro basal como de altura del tallo, son de un periodo demasiado breve para observar tendencias, se precisa de un seguimiento a largo plazo.
- Todos los resultados, tanto de supervivencia como de crecimiento, están sujetos a la incertidumbre de no haber estudiado todos los factores que influyen en el éxito de una reforestación.

## 7. RECOMENDACIONES

A continuación se exponen una serie de recomendaciones para mejorar ciertos aspectos en futuros estudios de reforestaciones.

En cuanto al marcaje se recomienda pintar los pies muertos de distinto color que los vivos para evitar volverlos a contar en posteriores muestreos. Tomar las coordenadas GPS de los pies medidos para crecimiento en el primer muestreo, ya que las estacas se sueltan del terreno, se parten o se borran. Esto hace que sea muy complicado localizarlo luego en el terreno.

A lo largo del seguimiento de la Fase II y con los antecedentes de la Fase I, se ha llegado a la conclusión de que no es factible hacer un seguimiento del crecimiento, tanto del diámetro como de la altura, a tan corto plazo. Por ello se recomienda una primera medida tras ser plantados y las próximas bianuales.

Tras el análisis de los datos, también se ha llegado a la conclusión de que *Pinus sylvestris* tiene grandes dificultades para crecer en la solana y en suelos poco profundos. Por lo que se aconseja no desperdiciar recursos plantando esta especie en solana y ninguna en unidades en las que predomine la pedregosidad, ya que hay muchas hectáreas afectadas por el incendio y estos recursos serán mejor aprovechados en otras zonas con mejores cualidades.

Sería muy recomendable realizar un estudio sobre el efecto de la herbivoría, para evaluar si sería más rentable poner tubo protector a todas las especies.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Allen, E. (2003). (Introducción). En Espigares, T., Nicolau, J.M. y Rey, J.M. (2003) Restauración en ecosistemas mediterráneos. Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares (Madrid).
- Alloza, J.A., García, S., Gimeno, T., Baeza, J., Vallejo, V.R., Rojo, L. y Martínez, A. (2013). Guía técnica para la gestión de montes quemados. Protocolos de actuación para la restauración de zonas quemadas con riesgo de desertificación. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. 188 p.
- Birot, Y. (2009). Convivir con los incendios forestales: Lo que nos revela la ciencia (p. 18 y 19). Joensuu, Finland: European Forest Institute. Recuperado de:  
[http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/convivir\\_con\\_los\\_incendios\\_forestales\\_tcm7-19416.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/convivir_con_los_incendios_forestales_tcm7-19416.pdf)
- Bond, W.J. y van Wilgen, B.W. (1996). Fire and Plants. Population and community biology. Chapman and Hall. Londres.
- Bourrut, H. (2005). La vegetación y la fauna. Cap. 2. En Comarca Cuencas Mineras. De la naturaleza (p. 47-51). Recuperado de:  
[http://www.comarcas.es/pub/documentos/documentos\\_CuencasMinerasDeLaNatu\\_5bec484e.pdf](http://www.comarcas.es/pub/documentos/documentos_CuencasMinerasDeLaNatu_5bec484e.pdf)
- Contratas Ancar S.L. (2013). Plan Director "Plantando Agua - Construyendo los montes del SXXI para un nuevo escenario de cambio climático y de cambios sociales en la comarca de las Cuencas Mineras (Teruel)".
- Cortina, J., Bellot, J., Vilagrosa, A., Carturla, R., Maestre, F. y Rubio, E. (2005). Restauración en semiárido. En V. R. Vallejo y J. A. Alloza, Avances en el Estudio de la Gestión del Monte Mediterráneo (p. 374). Valencia: Fundación CEAA. Recuperado de:  
<https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/2709/1/Capitol%20semi%C3%A1rido%20libro%20CEAM%202005.pdf>
- Cortina, J., Navarro, R.M. y del Campo, A.D. (2006). Evaluación del éxito de la reintroducción de especies leñosas en ambientes Mediterráneos. Cap.1. En J. Cortina, J. L. Peñuelas, J. Puértolas, R. Savé, A. Vilagrosa, Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes Mediterráneos (p. 11-30). Madrid: Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Recuperado de: <http://imem.ua.es/en/documentos/imem-files/research-articles/jordi-cortina/cortina-et-al-2006-book.pdf>
- Cubillo-Nielsen, S. (2002). Los incendios forestales. (p. 96 y 97). En Ayala-Cacedo, F. y Olcina, J. Riesgos naturales. Ariel Ciencia. Barcelona.
- del Campo, A.D., Hermoso, J., Roldán, M., García, R., Molina, S. y Albert, J. (2008). Control integral de calidad de repoblaciones forestales: Plantamiento y primeros resultados en la Provincia de Valencia. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Edo, A. (2016). Evaluación y seguimiento de la restauración ecológica desarrollada en los montes del municipio turolense de La Zoma tras el incendio de 2009. Trabajo fin de grado. Huesca: Universidad de Zaragoza.

- Enguita, G. (2016). Análisis histórico del balance de agua azul y agua verde en los montes del T.M. de La Zoma (TE) afectados por el incendio del año 2009. Trabajo fin de grado. Huesca: Universidad de Zaragoza.
- Espigares, T., Nicolau, J.M. y Rey, J.M. (2003) Restauración en ecosistemas mediterráneos. Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares (Madrid).
- Esri. (s.f.). ArcGis 10.1. esri España. The science of where.
- European Forest Fire Information System. (2017) Imagen creada a partir de EFFIS. Obtenida en: <http://effis.jrc.ec.europa.eu/applications/fire-history/>
- Food and Agriculture Organization (descargado en 2017). CROPWAT 8.0.
- Gargallo, J. (2013). Plano n.º 6: Geología y edafología. En 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).
- Guerra, A., Guitián, F., Paneque, G., García, A., Sánchez, J.A., Monturiol, F. y Mudarra, J.L. (1968). Mapa de suelos de España. Península y Baleares. Escala 1/1.000.000. Consejo Superior de Investigaciones Científicas - Instituto Nacional de Edafología y agrobiología. Madrid. Recuperado de: [file:///C:/Users/suaro/Downloads/Mapa%20de%20suelos%20de%20Espa%C3%B1a.%20Pen%C3%ADnsula%20y%20Baleares%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/suaro/Downloads/Mapa%20de%20suelos%20de%20Espa%C3%B1a.%20Pen%C3%ADnsula%20y%20Baleares%20(1).pdf)
- Herranz, D. (2017). Evaluación de la plantación forestal durante el periodo 2014-2017 en los montes públicos de La Zoma (Teruel). Trabajo fin de grado. Huesca: Universidad de Zaragoza.
- IBM Corp. (2013). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Instituto Geográfico Nacional (2015a). Visor IBERPIX. Recuperado el 5 de mayo de 2016, de: <http://www.ign.es/iberpix2/visor/>
- Instituto Geográfico Nacional (2015b). Centro de Descargas. Recuperado el 30 de julio de 2016, de: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/buscadorCatalogo.do>
- Joint Research Centre. (2010). Forest fires in Europe 2009. Publications Office of the European Union. Luxemburgo. Recuperado de: [http://effis.jrc.ec.europa.eu/media/cms\\_page\\_media/40/forest-fires-in-europe-2009.pdf](http://effis.jrc.ec.europa.eu/media/cms_page_media/40/forest-fires-in-europe-2009.pdf)
- Jones, C.G., Lawton, I.H y Shachak, M. (1994). Organisms as ecosystem engineers. Springer-Verlang. Nueva York.
- Keller, E., Blodgett, R., Gil, P., Bardají, T., Lario, J. y Silvia, P. (2012). Riesgos naturales. (p. 316). Pearson Prentice Hall. Madrid (etc.).
- Martínez, A, Faci, J.M. y Bercero, A. (1998). Evapotranspiración y necesidades de riego de los principales cultivos en las comarcas de Aragón. Instituto Fernando El Católico, Diputación de Zaragoza. Zaragoza.
- Mercé, G.J. (2013). Evaluación de depósitos de agua de liberación lenta (Waterboxx®) en el establecimiento de repoblaciones en áreas adversas de la Comunidad Valenciana. Trabajo Fin de Grado. Gandía: Universidad de Valencia. Recuperado de <https://riunet.upv.es/handle/10251/28790>
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2012). Los incendios forestales en España Decenio 2001-2010. Ministerio de Agricultura,

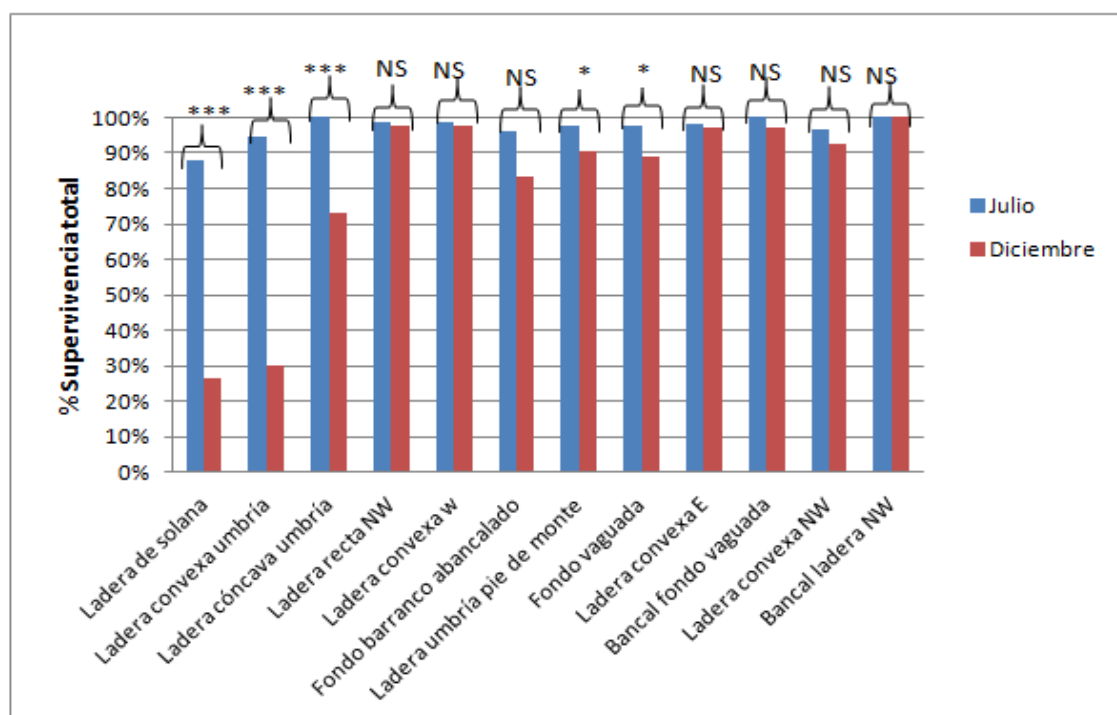
Alimentación y Medio Ambiente. Área de Defensa Contra Incendios Forestales. Madrid. Recuperado de:

[http://www.magrama.gob.es/es/desarrollo-rural/estadisticas/Incendios\\_default.aspx#para0](http://www.magrama.gob.es/es/desarrollo-rural/estadisticas/Incendios_default.aspx#para0)

- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (2017). Los incendios forestales del 1 de enero al 30 de septiembre de 2017. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal. Madrid. Recuperado de: [http://www.mapama.gob.es/es/desarrollo-rural/estadisticas/avanceinformativo1eneroa30deseptiembrede2017\\_tcm7-349063.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/desarrollo-rural/estadisticas/avanceinformativo1eneroa30deseptiembrede2017_tcm7-349063.pdf)
- Navarro, J. (2016). Agente forestal en Montalbán. Comunicación oral.
- Pausas J. G (2012). Incendios Forestales. Madrid: Catarata-CSIC.
- Peña, J.L., Cuadrat, J.M. y Sánchez, M. (2002). El clima de la provincia de Teruel. Instituto de Estudios Turolenses. Teruel.
- Peña, J.L., Longares, L.A., Espinalt, M. (2000). Paisajes naturales de la provincia de Teruel. Guía del medio natural. Instituto de Estudios Turolenses. Teruel.
- Pina, V. (2017) Estudio de la regeneración natural de *Pinus sylvestris* L. tras el incendio de Aliaga-Ejolve (2009), en el T.M. de La Zoma (Teruel). Análisis de los factores biológicos y abióticos de control. Trabajo fin de grado. Huesca: Universidad de Zaragoza.
- Segura G. (2011). Desarrollo y aplicación práctica de una propuesta metodológica para el control integral y seguimiento de restauraciones forestales. (Trabajo de fin de máster). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Society for Ecological Restoration (SER) International. (2004). Principios de SER Internacional sobre restauración ecológica. [www.ser.org](http://www.ser.org) y Tucson: Society for Ecological Restoration Internacional. Recuperado de: <http://www.ser.org/docs/default-document-library/spanish.pdf>
- United States Department of Agriculture. (1985). Keys to Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. Washington.
- Vélez, R. (2002). Los incendios forestales. Cap. 62. En Ayala-Cacedo, F. y Olcina, J. Riesgos naturales. Ariel Ciencia. Barcelona.
- Vilagrosa, A., Seva, J.P., Valdecantos, A., Cortina, J., Alloza, J.A., Serrasolsa, I., Diego, V., Abril, M., Bellot, J. y Vallejo, V. R. (1997). Plantaciones para la restauración forestal en la Comunidad Valenciana. En V.R. Vallejo Calzada, La Restauración de la Cubierta Vegetal en la Comunidad Valenciana (p. 435-548). CEAM.

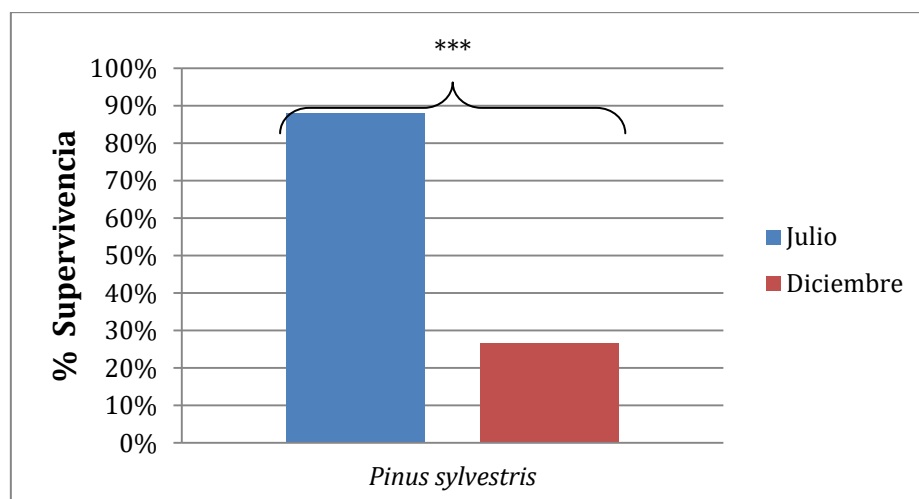


## ANEXO 1: SUPERVIVENCIA



**Figura AI-1: Comparación entre las supervivencias totales de julio y diciembre de cada unidad ambiental.**

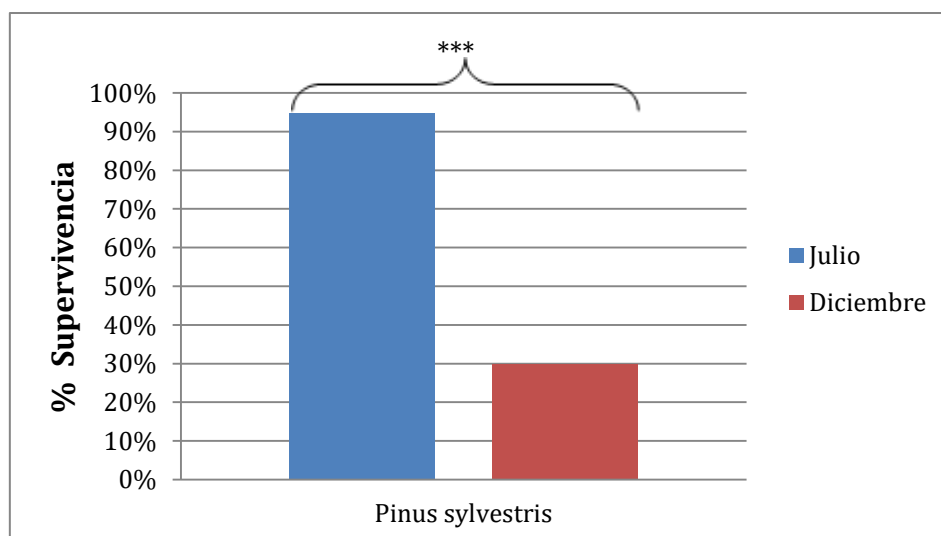
Comparación dos a dos mediante la prueba estadística Chi-cuadrado. Siendo “\*\*\*\*” significancia a nivel  $p \leq 0,001$ , “\*\*\*” significancia a nivel  $p \leq 0,05$  y “NS” no significancia ( $P > 0,05$ ).



**Figura AI-2: Comparación de los porcentajes de supervivencia de julio y diciembre, para la unidad ambiental “Ladera de solana” por especies.**

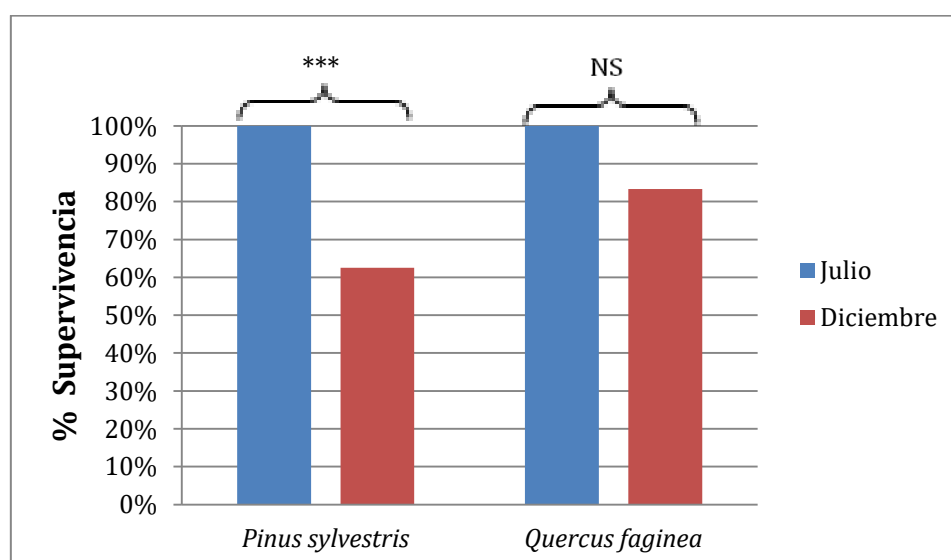
Comparación mediante la prueba estadística Chi-cuadrado. Siendo “\*\*\*\*” significancia a nivel  $p \leq 0,001$ .





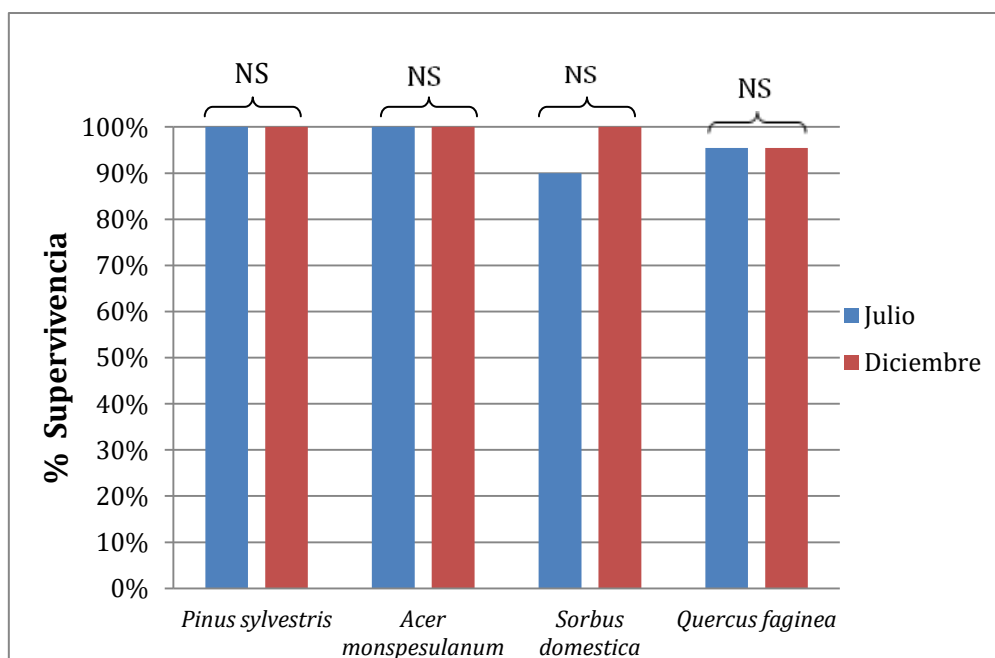
**Figura AI-3: Comparación de los porcentajes de supervivencia de julio y diciembre, para la unidad ambiental “Ladera convexa de umbría” por especies.**

Comparación mediante la prueba estadística Chi-cuadrado. Siendo “\*\*\*\*” significancia a nivel  $p \leq 0,001$ .



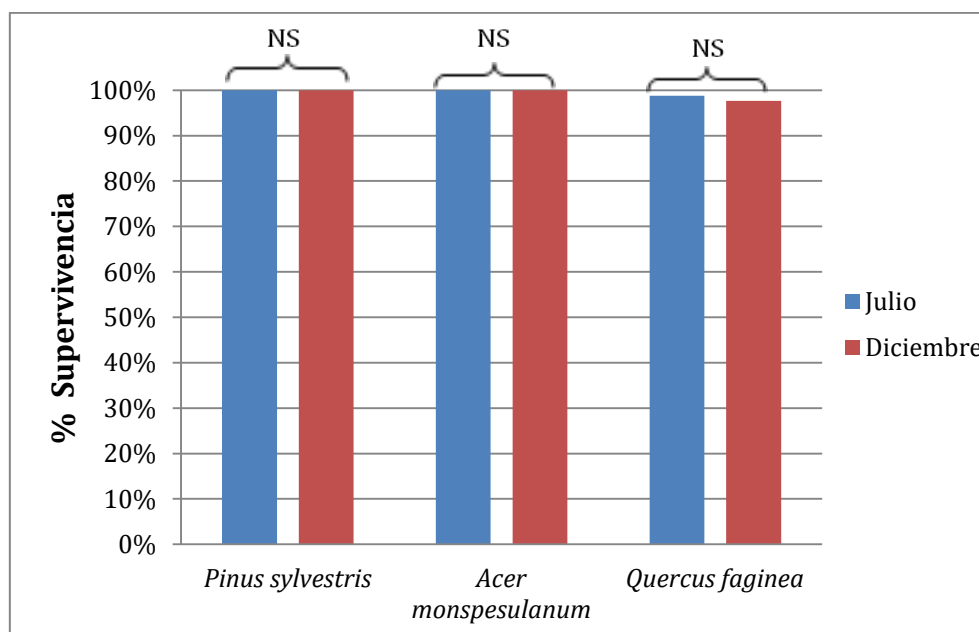
**Figura AI-4: Comparación de los porcentajes de supervivencia de julio y diciembre, para la unidad ambiental “Ladera cóncava de umbría” por especies.**

Comparación dos a dos mediante la prueba estadística Chi-cuadrado. Siendo “\*\*\*\*” significancia a nivel  $p \leq 0,001$  y “NS” no significancia ( $P > 0,05$ ).



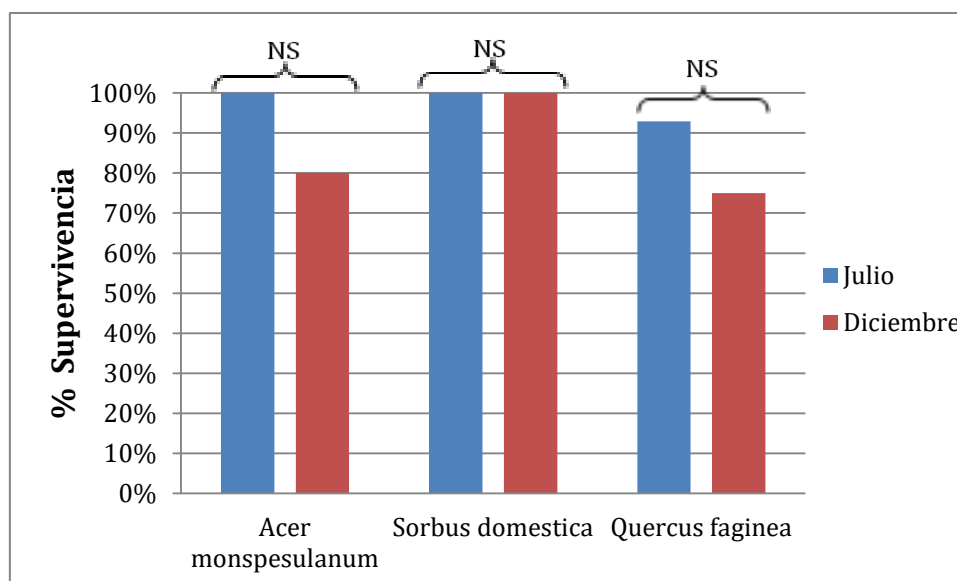
**Figura AI-5: Comparación de los porcentajes de supervivencia de julio y diciembre, para la unidad ambiental “Ladera recta NW” por especies.**

Comparación dos a dos mediante la prueba estadística Chi-cuadrado. Siendo “NS” no significancia ( $P > 0,05$ ).



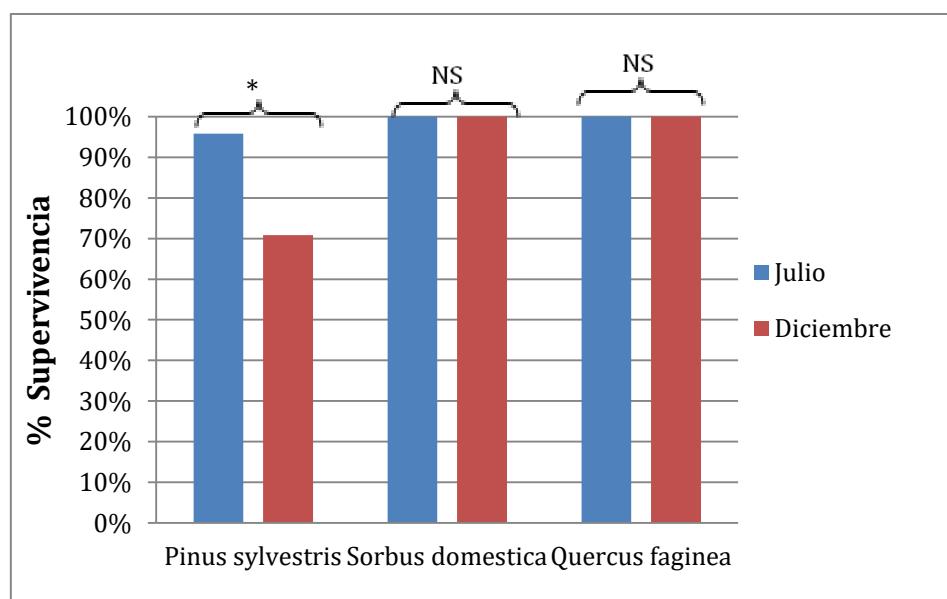
**Figura AI-6: Comparación de los porcentajes de supervivencia de julio y diciembre, para la unidad ambiental “Ladera convexa W” por especies.**

Comparación dos a dos mediante la prueba estadística Chi-cuadrado. Siendo “NS” no significancia ( $P > 0,05$ ).



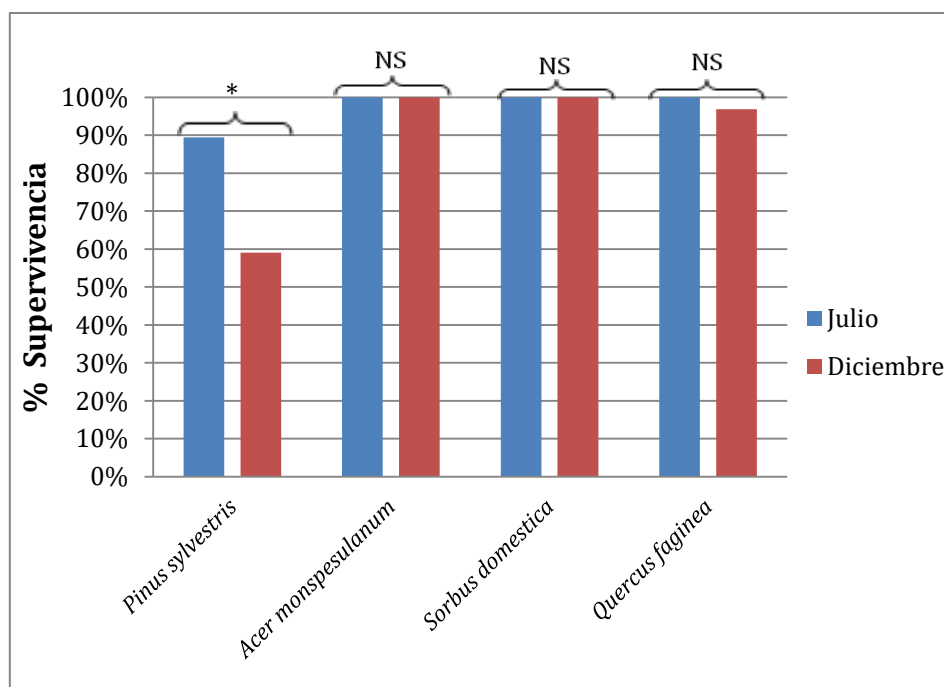
**Figura AI-7: Comparación de los porcentajes de supervivencia de julio y diciembre, para la unidad ambiental “Fondo de barranco abancalado” por especies.**

Comparación dos a dos mediante la prueba estadística Chi-cuadrado. Siendo “NS” no significancia ( $P > 0,05$ ).



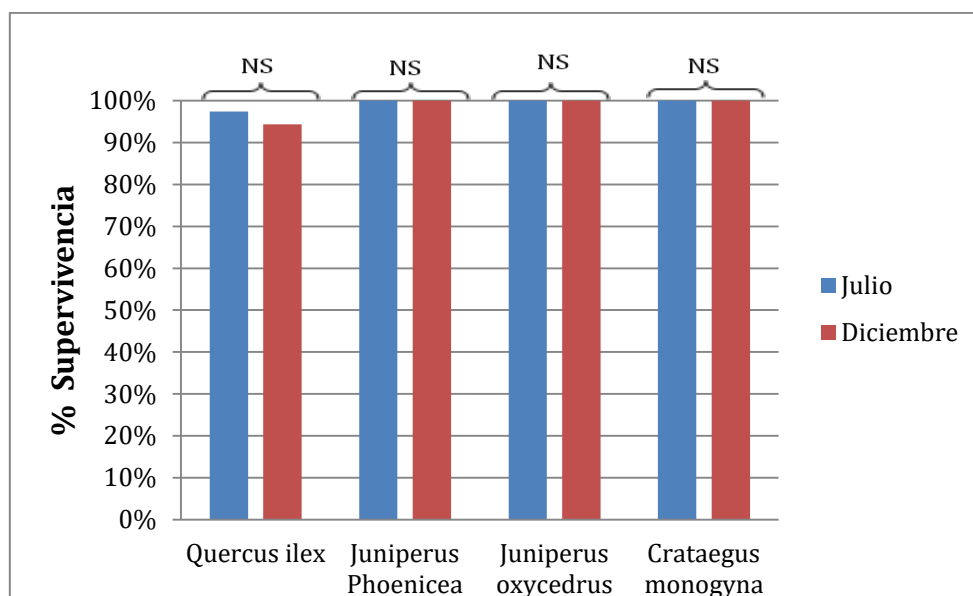
**Figura AI-8: Comparación de los porcentajes de supervivencia de julio y diciembre, para la unidad ambiental “Ladera umbría pie de monte” por especies.**

Comparación dos a dos mediante la prueba estadística Chi-cuadrado. Siendo “\*” significancia a nivel  $p \leq 0,05$  y “NS” no significancia ( $P > 0,05$ ).



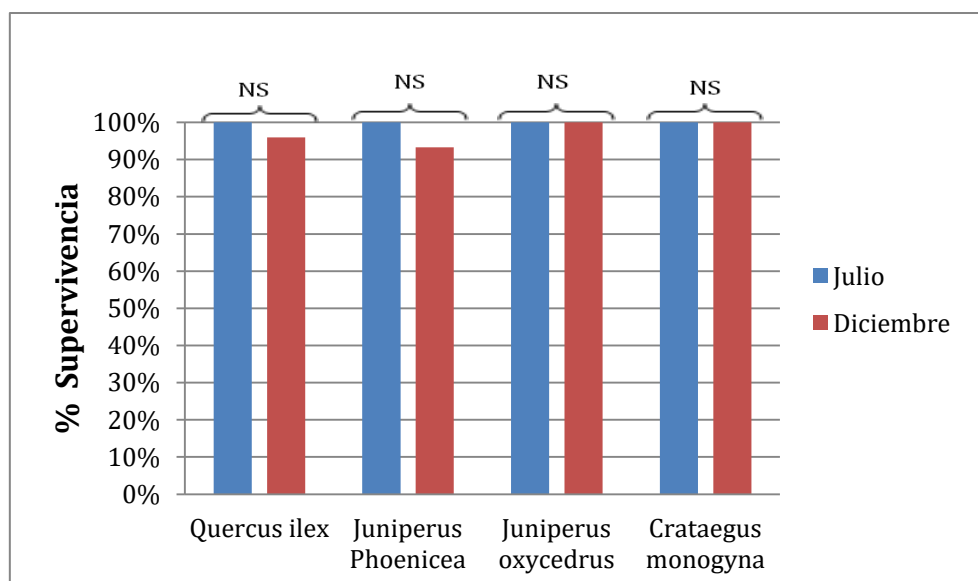
**Figura AI-9: Comparación de los porcentajes de supervivencia de julio y diciembre, para la unidad ambiental “Fondo vaguada” por especies.**

Comparación dos a dos mediante la prueba estadística Chi-cuadrado. Siendo “\*” significancia a nivel  $p \leq 0,05$  y “NS” no significancia ( $P > 0,05$ ).



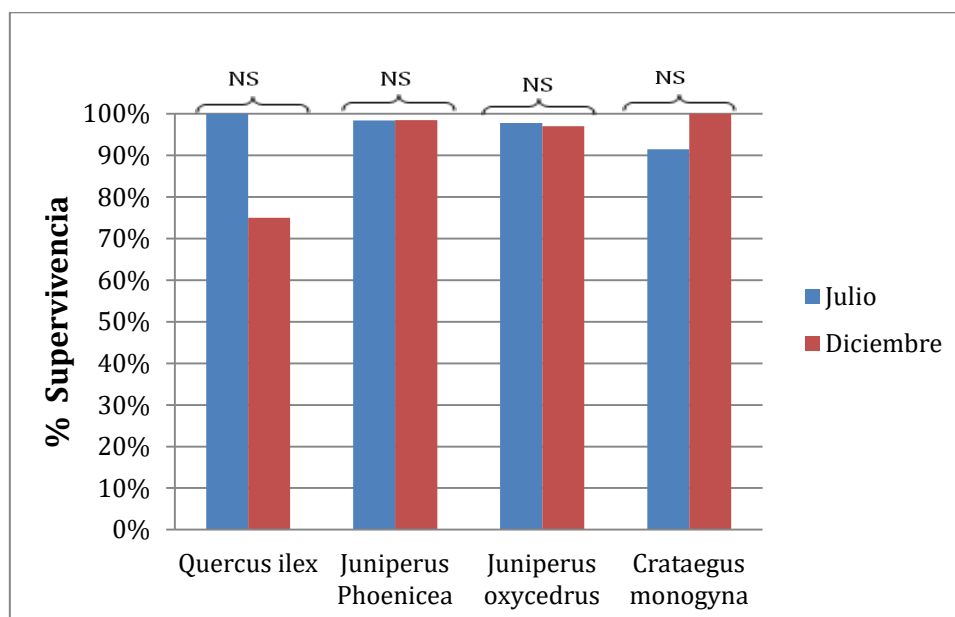
**Figura AI-10: Comparación de los porcentajes de supervivencia de julio y diciembre, para la unidad ambiental “Ladera convexa E” por especies.**

Comparación dos a dos mediante la prueba estadística Chi-cuadrado. Siendo “NS” no significancia ( $P > 0,05$ ).



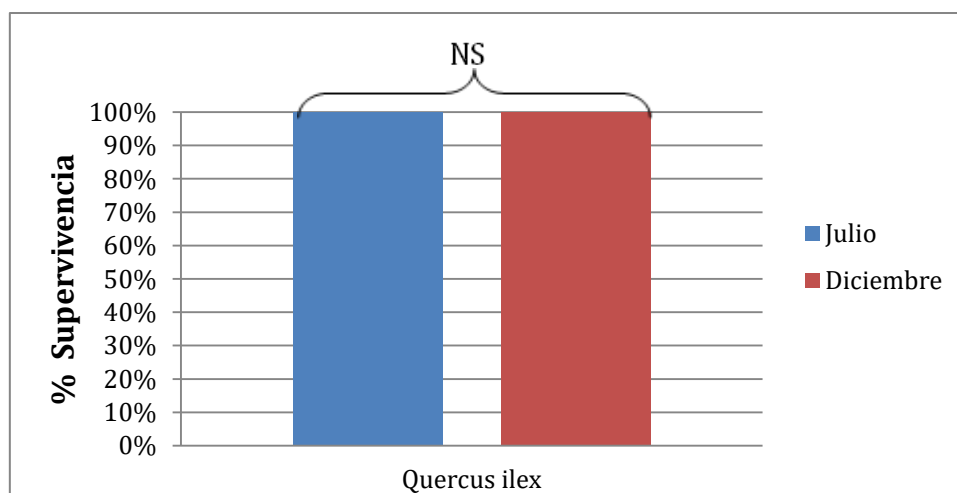
**Figura AI-11: Comparación de los porcentajes de supervivencia de julio y diciembre, para la unidad ambiental “Bancal fondo vaguada” por especies.**

Comparación dos a dos mediante la prueba estadística Chi-cuadrado. Siendo “NS” no significancia ( $P > 0,05$ ).



**Figura AI-12: Comparación de los porcentajes de supervivencia de julio y diciembre, para la unidad ambiental “Ladera convexa NE” por especies.**

Comparación dos a dos mediante la prueba estadística Chi-cuadrado. Siendo “NS” no significancia ( $P > 0,05$ ).



**Figura AI-13: Comparación de los porcentajes de supervivencia de julio y diciembre, para la unidad ambiental “Bancal ladera NE” por especies.**

Comparación dos a dos mediante la prueba estadística Chi-cuadrado. “NS” no significancia ( $P > 0,05$ ).

## ANEXO 2: CRECIMIENTO

Tabla AII 1. Comparativa del crecimiento del diámetro basal en las unidades ambientales según las especies (Rodal 9).

Especies	Unidad ambiental							
	Ladera convexa E		Bancal fondo vaguada		Bancal ladera NE		Ladera convexa NE	
	X	S	x	s	X	s	X	S
<i>Quercus ilex</i>	1,2	0,8	0,31		0,7	0,67	2,02	1,5
<i>Juniperus phoenicea</i>	1,02	0,8	1,3	0,5			0,8	0,93
<i>Juniperus oxycedrus</i>	0,97	0,37					0,93	0,88
<i>Crataegus monogyna</i>	0,98	0,64	0,92	0,92			0,72	0,58
<b>Significancia</b>	NS		NS				NS	
<b>Nº de muestras</b>	45		20		11		39	

Comparaciones mediante la prueba de Kruskal-Wallis. "NS" en la misma columna indica la no existencia de diferencias significativas ( $p>0,05$ ), "x" es la media muestral y "s" la desviación estándar.

Tabla AII 2. Comparativa del crecimiento del diámetro basal en las unidades ambientales según las especies (Rodal 13).

Especies	Unidad ambiental															
	Ladera de solana		Ladera convexa de umbría		Ladera cóncava de umbría		Ladera recta NW		Ladera convexa W		Fondo de barranco abancalado		Ladera de umbría pie de monte		Fondo vaguada	
	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s
<i>Pinus sylvestris</i>	0,96	0,54	0,55	0,76	0,51	0,44	0,86	1,03	0,63	0,33			0,53	0,34	0,71	0,51
<i>Acer monspesulanum</i>							0,9	0,55	1,38	0,82	0,86 0,64		0,61	0,38	1,22	1,01
<i>Sorbus domestica</i>							1,12	1,01			0,4 0,29		1,05	1,51	0,53	0,31
<i>Quercus faginea</i>					0,45 0,4		0,49	0,27	0,87	0,45	0,92 0,97		0,43	0,23	0,84	0,48
Significancia					NS		NS		NS		NS		NS		NS	
Nº de muestras	4		4		15		44		21		23		45		46	

Comparaciones mediante la prueba de Kruskal-Wallis. "NS" en la misma columna indica la no existencia de diferencias significativas ( $p>0,05$ ), "x" es la media muestral y "s" la desviación estándar.



## ANEXO 3: FOTOGRAFÍAS



**Fotografía 1. Muestreo de supervivencia.** Fernández, A. (2016).



**Fotografía 2. Muestreo de supervivencia.** Fernández, A. (2016).





**Fotografía 3. Muestreo de supervivencia.** Fernández, A. (2016).



**Fotografía 4. Muestreo de crecimiento.** Herranz, D. (2017).





Fotografía 5. Muestreo de crecimiento. Fernández, A. (2017).



Fotografía 6. Muestreo de crecimiento. Fernández, A. (2017).



**Fotografía 7. Muestreo de crecimiento.** Herranz, D. (2017).



**Fotografía 8. Muestreo de crecimiento.** Herranz, D. (2017).





**Fotografía 10. Muestreo de crecimiento.** Fernández, A. (2017).



**Fotografía 11. Muestreo de crecimiento.** Fernández, A. (2017).





Fotografía 12. Muestreo de crecimiento. Fernández, A. (2017).



Fotografía 13. Muestreo de crecimiento. Herranz, D. (2017).





**Fotografía 14. Muestreo de crecimiento.** Herranz, D. (2017).



**Fotografía 15. Muestreo de crecimiento.** Fernández, A. (2017).





**Fotografía 16. Muestreo de crecimiento.** Fernández, A. (2017).



**Fotografía 17. Muestreo de crecimiento.** Fernández, A. (2017).

## ANEXO 4: ESTADILLOS DE CAMPO

- Supervivencia

RODAL 13	UNIDAD AMBIENTAL:	
Nº DE PARCELAS:		
ESPECIE	VIVO	MUERTO
<i>Pinus sylvestris</i>		
<i>Acer monspesulanum</i>		
<i>Sorbus domestica</i>		
<i>Quercus faginea</i>		

RODAL 9	UNIDAD AMBIENTAL:	
Nº DE PARCELAS:		
ESPECIE	VIVO	MUERTO
<i>Quercus ilex</i>		
<i>Juniperus phoenicea</i>		
<i>Juniperus oxycedrus</i>		
<i>Crataegus monogyna</i>		



- Crecimiento

Rodal 13:								
	<i>Pinus sylvestris</i>		<i>Acer monspesulanum</i>		<i>Sorbus domestica</i>		<i>Quercus faginea</i>	
PIE	ALT	DIAM	ALT	DIAM	ALT	DIAM	ALT	DIAM
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								



Rodal 9:								
	<i>Quercus ilex</i>		<i>Juniperus phoenicea</i>		<i>Juniperus oxycedrus</i>		<i>Crateagus monogyna</i>	
PIE	ALT	DIAM	ALT	DIAM	ALT	DIAM	ALT	DIAM
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

## ANEXO 5: COORDENADAS UTM

Unidad Ambiental:	Ladera de solana Alta	
Estaca	Coordenadas UTM	
	X(m)	Y(m)
Central 1	701318	4515249
P 1	701319	4515250
P 2	701316	4515250
P 3	701319	4515255
P 4	701322	4515254
P 5	701322	4515250
P 6	701322	4515240
P 7	701316	4515240
Central 2	701349	4515230
P 8	701349	4515230
P 9	701345	4515236
P 10	701350	4515237
P 11	701355	4515229
P 12	701356	4515224
P 13	701349	4515223
P 14	701344	4515229
P 15	701315	4515244

Unidad Ambiental:	Ladera de solana Media	
Estaca	Coordenadas UTM	
	X(m)	Y(m)
Central 1	701323	4515189
P 11	701323	4515190
P 12	701320	4515186
P 13	701318	4515185
P 14	701312	4515192
P 15	701308	4515195
Central 2	701295	4515206
P 1	701293	4515203
P 2	701295	4515206
P 3	701286	4515209
P 4	701291	4515209
P 5	701293	4515215
P 6	701296	4515215
P 7	701301	4515211
P 8	701305	4515209
P 9	701320	4515199
P 10	701325	4515196

Unidad Ambiental:	Ladera de solana Baja	
Estaca	Coordenadas UTM	
	X(m)	Y(m)
Central 1	701281	4515159
P 1	701281	4515158
P 2	701281	4515159
P 3	701284	4515158
P 4	701273	4515156
P 5	701275	4515153
P 6	701278	4515149
P 7	701278	4515146
P 8	701284	4515149
Central 2	701326	4515154
P 9	701329	4515148
P 10	701328	4515156
P 11	701326	4515147
P 12	701326	4515154
P 13	701326	4515147
P 14	701319	4515151
P 15	701324	4515161

Unidad Ambiental:	Ladera convexa umbría	
Estaca	Coordenadas UTM	
	X(m)	Y(m)
Central	701349	4515028
P 1	701350	4515036
P 2	701348	4515038
P 3	701346	4515036
P 4	701343	4515034
P 5	701347	4515033
P 6	701343	4515034
P 7	701348	4515031
P 8	701341	4515030
P 9	701342	4515027
P 10	701344	4515027
P 11	701350	4515021
P 12	701351	4515024
P 13	701349	4515026
P 14	701350	4515026
P 15	701344	4515032

Unidad Ambiental:	Ladera de umbría pie de monte	
Estaca	Coordenadas UTM	
	X(m)	Y(m)
Central 1	701236	4515115
Central 2	701144	4515124
P 1	701230	4515113
P 2	701233	4515122
P 3	701241	4515111
P 4	701242	4515111
P 5	701233	4515109
P 6	701230	4515111
P 7	701236	4515107
P 8	701138	4515134
P 9	701152	4515132
P 10	701141	4515135
P 11	701148	4515136
P 12	701142	4515122
P 13	701142	4515123
P 14	701139	4515125
P 15	701137	4515125
Q 1	701235	4515118
Q 2	701235	4515120
Q 3	701234	4515120
Q 4	701232	4515117
Q 5	701231	4515116
Q 6	701228	4515118
Q 7	701236	4515108
Q 8	701131	4515125
Q 9	701126	4515130
Q 10	701123	4515125
Q 11	701122	4515131
Q 12	701134	4515140
Q 13	701129	4515138
Q 14	701127	4515134
Q 15	701125	4515134
S 1	701239	4515119
S 2	701241	4515121
S 3	701240	4515122
S 4	701232	4515122
S 5	701247	4515121
S 6	701228	4515118
S 7	701245	4515121
S 8	701138	4515134
S 9	701129	4515126
S 10	701124	4515130

S 11	701118	4515125
S 12	701242	4515127
S 13	701239	4515129
S 14	701239	4515132
S 15	701131	4515144
A 1	701244	4515122
A 2	701248	4515125
A 3	701247	4515124
A 4	701229	4515122
A 5	701224	4515119
A 6	701214	4515123
A 7	701128	4515130
A 8	701126	4515130
A 9	701124	4515131
A 10	701127	4515129
A 11	701128	4515120
A 12	701120	4515122
A 13	701120	4515130
A 14	701127	4515135
A 15	701131	4515140

Unidad Ambiental:	Fondo vaguada	
Estaca	Coordenadas UTM	
	X(m)	Y(m)
Inicio	701229	4515140
Fin	701129	4515148
P 1	701199	4515135
P 2	701187	4515134
P 3	701187	4515140
P 4	701180	4515143
P 5	701179	4515143
P 6	701203	4515135
P 7	701192	4515134
P 8	701179	4515142
P 9	701170	4515145
P 10	701169	4515138
P 11	701166	4515148
P 12	701164	4515144
P 13	701161	4515144
P 14	701163	4515146
P 15	701159	4515144
Q 1	701225	4515141
Q 2	701220	4515143
Q 3	701215	4515142

Q 4	701210	4515140
Q 5	701206	4515136
Q 6	701201	4515139
Q 7	701188	4515135
Q 8	701183	4515138
Q 9	701182	4515144
Q 10	701176	4515142
Q 11	701174	4515143
Q 12	701165	4515138
Q 13	701135	4515151
Q 14	701134	4515151
Q 15	701135	4515145
S 1	701222	4515143
S 2	701160	4515141
S 3	701157	4515149
S 4	701156	4515146
S 5	701153	4515151
S 6	701155	4515153
S 7	701153	4515154
S 8	701153	4515150
S 9	701149	4515153
S 10	701149	4515150
S 11	701148	4515154
S 12	701140	4515150
S 13	701137	4515144
S 14	701132	4515145
S 15	701134	4515145
A 1	701219	4515139
A 2	701214	4515143
A 3	701214	4515139
A 4	701214	4515139
A 5	701211	4515138
A 6	701210	4515135
A 7	701207	4515133
A 8	701211	4515146
A 9	701230	4515138
A 10	701221	4515136
A 11	701218	4515137
A 12	701212	4515135
A 13	701208	4515137
A 14	701143	4515154
A 15	701132	4515147

Unidad Ambiental:	Fondo barranco abancalado	
Estaca	Coordenadas UTM	
	X(m)	Y(m)
Central	700821	4515214
Q 1	700809	4515207
Q 2	700809	4515218
Q 3	700807	4515210
Q 4	700816	4515217
Q 5	700817	4515217
Q 6	700819	4515218
Q 7	700831	4515221
Q 8	700817	4515206
Q 9	700818	4515207
Q 10	700817	4515206
Q 11	700816	4515207
Q 12	700816	4515207
Q 13	700803	4515201
Q 14	700805	4515203
Q 15	700804	4515201
S 1	700819	4515216
S 2	700816	4515204
S 3	700816	4515212
S 4	700811	4515193
S 5	700827	4515211
S 6	700811	4515212
S 7	700818	4515206
S 8	700806	4515195
S 9	700795	4515205
S 10	700796	4515209
S 11	700830	4515195
S 12	700792	4515206
S 13	700791	4515205
S 14	700792	4515206
S 15	700791	4515206
A 1	700817	4515216
A 2	700817	4515218
A 3	700809	4515215
A 4	700809	4515216
A 5	700808	4515220
A 6	700816	4515215
A 7	700825	4515211
A 8	700792	4515206
A 9	700773	4515172
A 10	700758	4515161
A 11	700768	4515175



A 12	700800	4515187
A 13	700749	4515157

Unidad Ambiental:	Ladera convexa W	
Estaca	Coordenadas UTM	
	X(m)	Y(m)
Central	700816	4515192
P 1	700805	4515178
P 2	700801	4515177
P 3	700804	4515180
P 4	700798	4515179
P 5	700796	4515178
P 6	700796	4515182
P 7	700802	4515185
P 8	700809	4515181
P 9	700807	4515181
P 10	700805	4515191
P 11	700800	4515192
P 12	700805	4515193
P 13	700811	4515184
P 14	700809	4515181
P 15	700813	4515183
Q 1	700817	4515149
Q 2	700821	4515151
Q 3	700822	4515161
Q 4	700820	4515162
Q 5	700817	4515159
Q 6	700808	4515156
Q 7	700802	4515152
Q 8	700813	4515147
Q 9	700819	4515146
Q 10	700811	4515143
Q 11	700812	4515143
Q 12	700807	4515141
Q 13	700807	4515140
Q 14	700802	4515143
Q 15	700803	4515145
A 1	700816	4515149
A 2	700815	4515150
A 3	700814	4515147

Unidad Ambiental:	Ladera recta NW	
Estaca	Coordenadas UTM	
	X(m)	Y(m)
Central 1	700875	4515206
Central 2	700924	4515130
P 1	700932	4515136
P 2	700934	4515134
P 3	700931	4515134
P 4	700939	4515137
P 5	700936	4515134
P 6	700924	4515138
P 7	700930	4515132
P 8	700929	4515131
P 9	700929	4515131
P 10	700925	4515133
P 11	700921	4515139
P 12	700919	4515140
P 13	700916	4515140
P 14	700915	4515137
P 15	700910	4515135
Q 1	700923	4515127
Q 3	700925	4515125
Q 5	700915	4515135
Q 6	700925	4515141
Q 7	700927	4515134
Q 8	700934	4515126
Q 9	700880	4515207
Q 10	700874	4515204
Q 11	700876	4515207
Q 12	700875	4515208
Q 13	700869	4515204
Q 14	700865	4515204
Q 15	700863	4515203
S 1	700921	4515139
S 2	700926	4515142
S 3	700926	4515137
S 4	700929	4515141
S 5	700922	4515139
S 6	700913	4515140
S 7	700878	4515200
S 8	700878	4515198
S 9	700880	4515196
S 10	700877	4515194
S 11	700871	4515202
S 12	700876	4515190

S 13	700873	4515188
S 14	700879	4515187
S 15	700876	4515185
A 1	700932	4515139
A 2	700929	4515136
A 3	700928	4515138
A 4	700917	4515133
A 5	700916	4515127
A 6	700875	4515205
A 7	700879	4515203
A 8	700883	4515204
A 9	700881	4515199
A 10	700874	4515203
A 11	700869	4515209
A 12	700867	4515206
A 13	700866	4515206
A 14	700869	4515213
A 15	700867	4515213

Unidad Ambiental:	Ladera cóncava de umbría	
Estaca	Coordenadas UTM	
	X(m)	Y(m)
Central	701205	4515050
P 1	701207	4515051
P 2	701206	4515063
P 3	701212	4515056
P 4	701218	4515052
P 5	701213	4515050
P 6	701206	4515049
P 7	701204	4515046
P 8	701204	4515049
P 9	701201	4515052
P 10	701209	4515046
P 11	701213	4515047
P 12	701213	4515042
P 13	701216	4515044
P 14	701209	4515042
P 15	701204	4515043
Q 1	701204	4515050
Q 2	701207	4515053
Q 3	701205	4515052
Q 4	701199	4515063
Q 5	701202	4515063
Q 6	701199	4515065

Q 7	701196	4515064
Q 8	701203	4515066
Q 9	701201	4515071
Q 10	701200	4515074
Q 11	701193	4515076
Q 12	701191	4515075
Q 13	701191	4515077
Q 14	701195	4515084
Q 15	701198	4515079

Unidad Ambiental:	Bancal fondo vaguada	
Estaca	Coordenadas UTM	
	X (m)	Y (m)
Central 1	699538	4517017
Central 2	699581	4517040
C 5	699580	4517042
C 6	699586	4517037
S 1	699537	4517010
S 2	699539	4517009
S 3	699534	4517018
S 4	699537	4517013
S 5	699589	4517037
S 6	699583	4517045
S 7	699585	4517037
S 8	699577	4517038
S 9	699574	4517038
S 10	699576	4517041
S 11	699583	4517043
S 12	699587	4517044
S 13	699586	4517044
S 14	699583	4517032
S 15	699582	4517029
E 1	699540	4517016
M 1	699537	4517016
M 2	699540	4517022
M 3	699544	4517014
M 4	699534	4517014
M 5	699534	4517013
M 6	699542	4517020
M 7	699543	4517023
M 8	699583	4517034
M 9	699578	4517034
M 10	699580	4517036
M 11	699592	4517046

M 12	699592	4517043
M 13	699593	4517043
M 14	699593	4517051
M 15	699591	4517048

Unidad Ambiental:	Bancal ladera NE	
Estaca	Coordenadas UTM	
	X (m)	Y (m)
Central	699758	4516932
C 1	699760	4516935
C 2	699758	4516934
C 3	699755	4516940
C 4	699756	4516940
C 5	699757	4516942
C 6	699759	4516944
C 7	699758	4516940
C 8	699763	4516938
C 9	699764	4516935
C 10	699768	4516940
C 11	699764	4516927
C 12	699764	4516933
C 13	699767	4516924
C 14	699770	4516931
C 15	699762	4516931

Unidad Ambiental:	Ladera convexa NE	
Estaca	Coordenadas UTM	
	X (m)	Y (m)
Central 1	699655	4516997
Central 2	699709	4517007
C 1	699638	4516998
C 2	699640	4517005
C 3	699660	4517005
C 4	699663	4517006
C 5	699670	4517003
C 6	699673	4517002
C 7	699680	4517004
C 8	699683	4517006
C 9	699690	4517002
C 10	699694	4516998
C 11	699675	4517022
C 12	699655	4517028
C 13	699651	4517029

C 14	699649	4517029
C 15	699652	4517023
S 1	699709	4517007
S 2	699714	4517008
S 3	699710	4517012
S 4	699713	4517004
S 5	699702	4517002
S 6	699701	4517004
S 7	699700	4517015
S 8	699705	4517015
S 9	699646	4516989
S 10	699649	4516994
S 11	699656	4516996
S 12	699657	4517000
S 13	699648	4517003
S 14	699647	4517001
S 15	699646	4517006
E 1	699701	4517010
E 2	699713	4517007
E 3	699713	4517001
E 4	699705	4517002
E 5	699705	4517007
E 6	699700	4517010
E 7	699694	4517015
E 8	699699	4517018
E 9	699645	4516995
E 10	699648	4516992
E 11	699648	4516984
E 12	699646	4516984
E 13	699641	4516988
E 14	699641	4516994
E 15	699645	4517004
M 1	699703	4517014
M 2	699699	4517023
M 3	699706	4517016
M 4	699704	4517025
M 5	699709	4517013
M 6	699712	4517024
M 7	699712	4517013
M 8	699712	4517018
M 9	699710	4517024
M 10	699719	4517023
M 11	699712	4517007
M 12	699716	4517009
M 13	699722	4517009

M 14	699719	4517017
M 15	699718	4517023

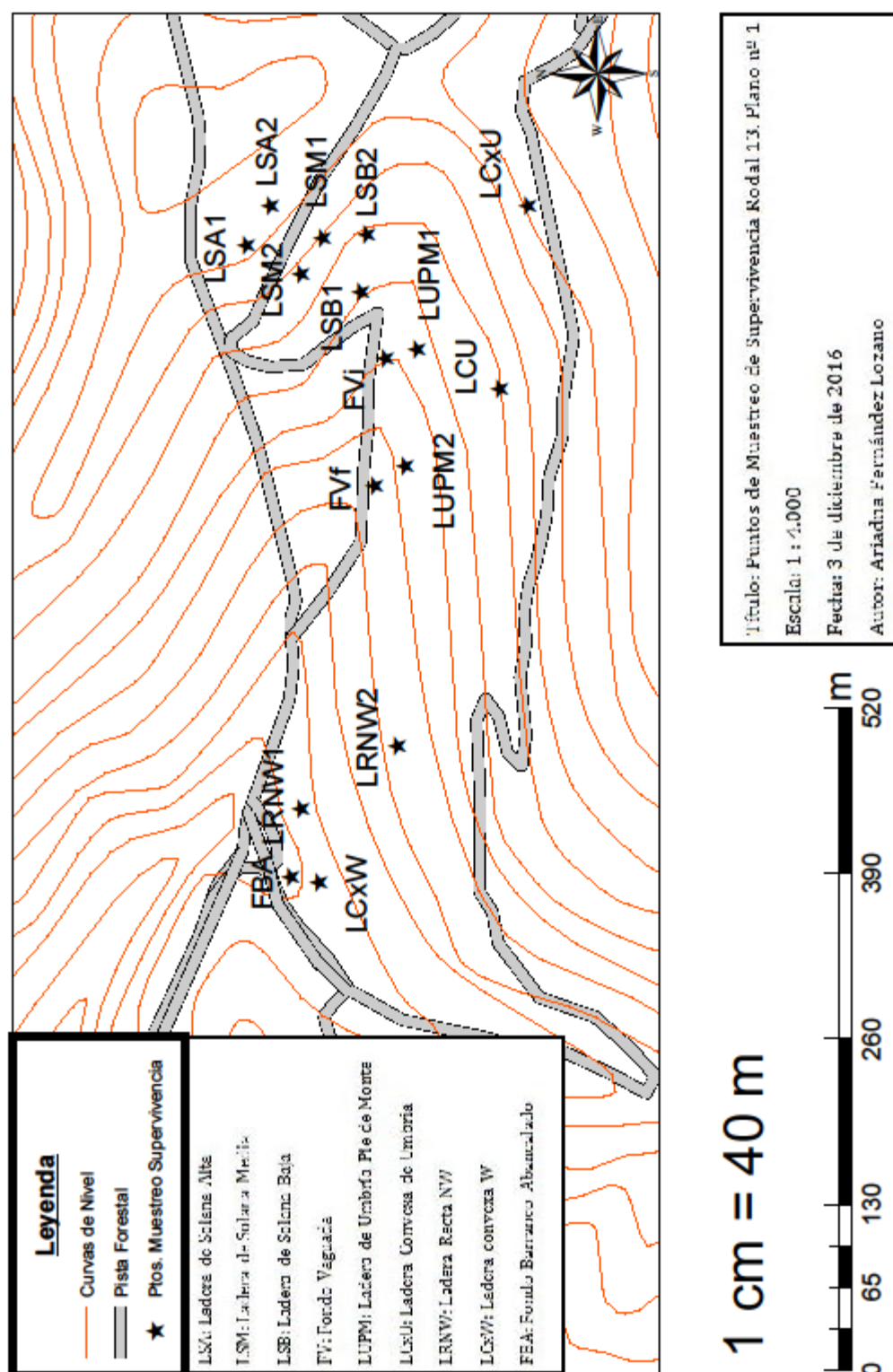
Unidad Ambiental:	Ladera convexa E	
Estaca	Coordenadas UTM	
	X (m)	Y (m)
Central 1	699460	4517116
Central 2	699497	4517096
C 1	699456	4517125
C 2	699458	4517112
C 3	699455	4517110
C 4	699463	4517108
C 5	699473	4517109
C 6	699494	4517099
C 7	699494	4517108
C 8	699499	4517110
C 9	699501	4517104
C 10	699506	4517104
C 11	699510	4517102
C 12	699508	4517096
C 13	699514	4517091
C 14	699502	4517086
C 15	699493	4517081
S 1	699461	4517115
S 2	699459	4517106
S 3	699454	4517110
S 4	699457	4517106
S 5	699462	4517102
S 6	699463	4517106
S 7	699463	4517111
S 8	699461	4517108
S 9	699458	4517122
S 10	699446	4517115
S 11	699448	4517110
S 12	699451	4517105
S 13	699451	4517102
S 14	699445	4517104
S 15	699442	4517100
E 1	699467	4517110
E 2	699460	4517108
E 3	699444	4517098
E 4	699440	4517122

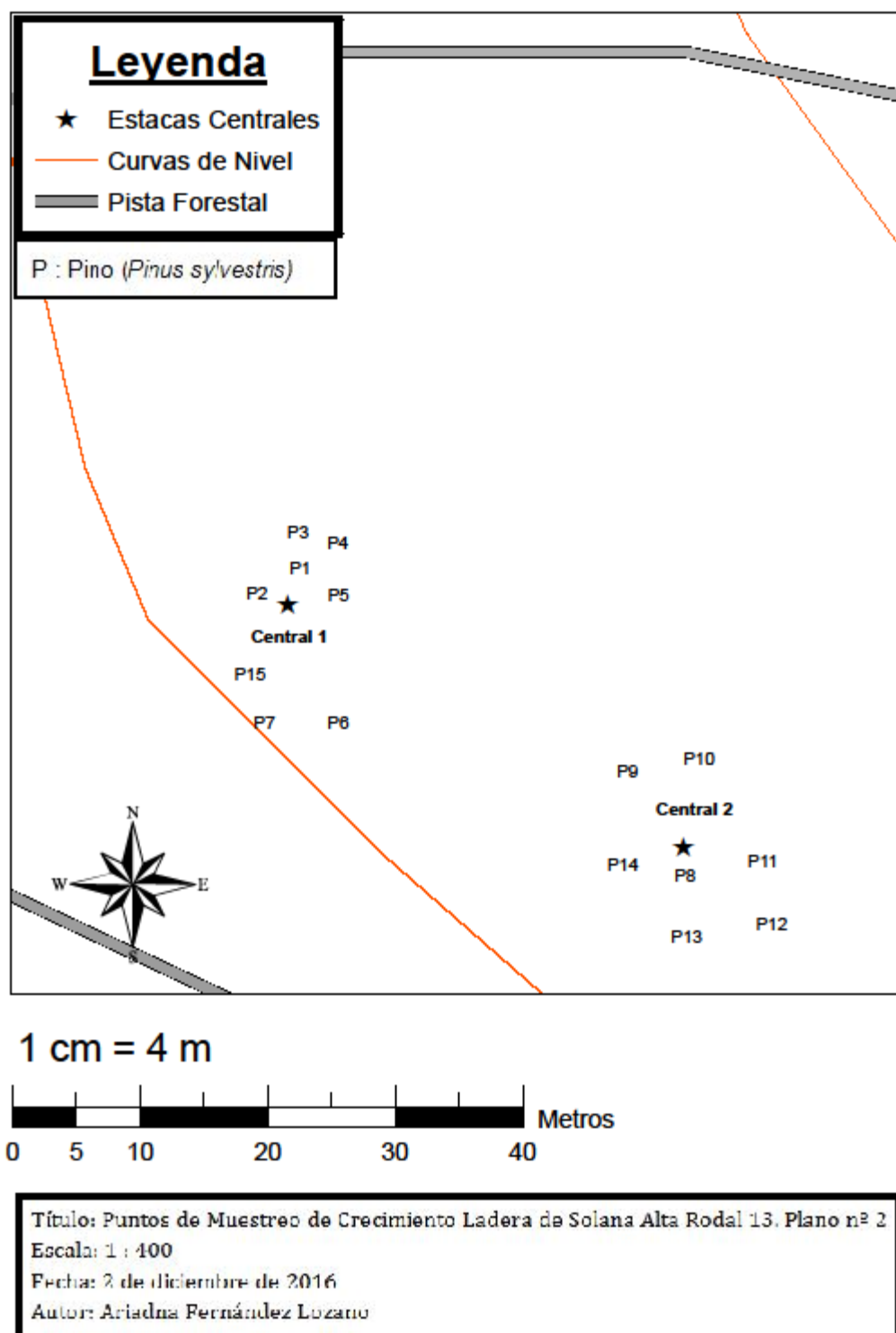


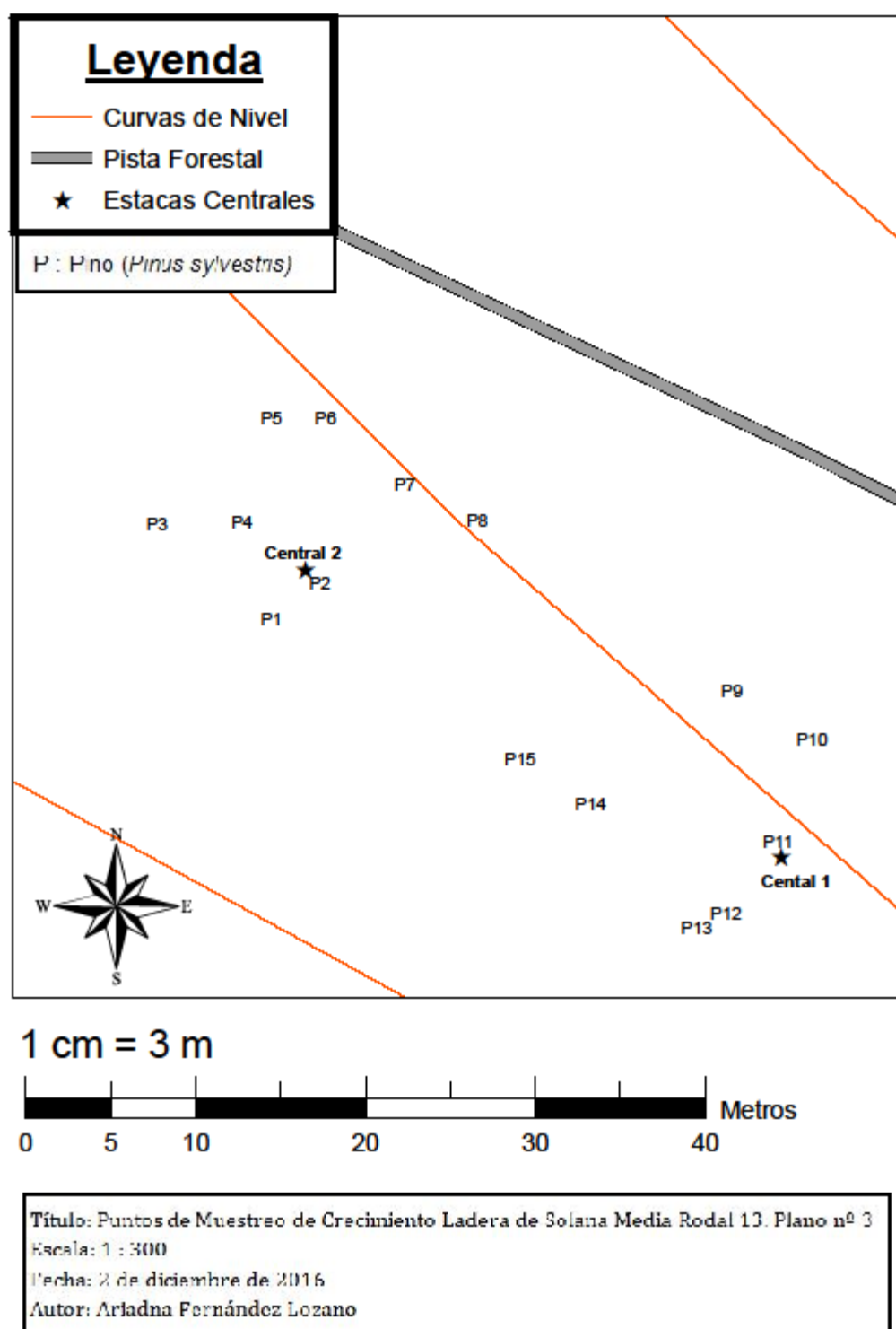
E 5	699441	4517118
E 6	699448	4517137
E 7	699448	4517142
E 8	699477	4517125
E 9	699475	4517125
E 10	699469	4517151
E 11	699466	4517151
E 12	699467	4517159
E 13	699471	4517168
E 14	699463	4517185
E 15	699465	4517192
M 1	699468	4517107
M 2	699469	4517111
M 3	699471	4517113
M 4	699453	4517126
M 5	699453	4517118
M 6	699459	4517102
M 7	699463	4517099
M 8	699476	4517117
M 9	699472	4517121
M 10	699481	4517132
M 11	699471	4517125
M 12	699471	4517140
M 13	699458	4517133
M 14	699452	4517160
M 15	699456	4517162

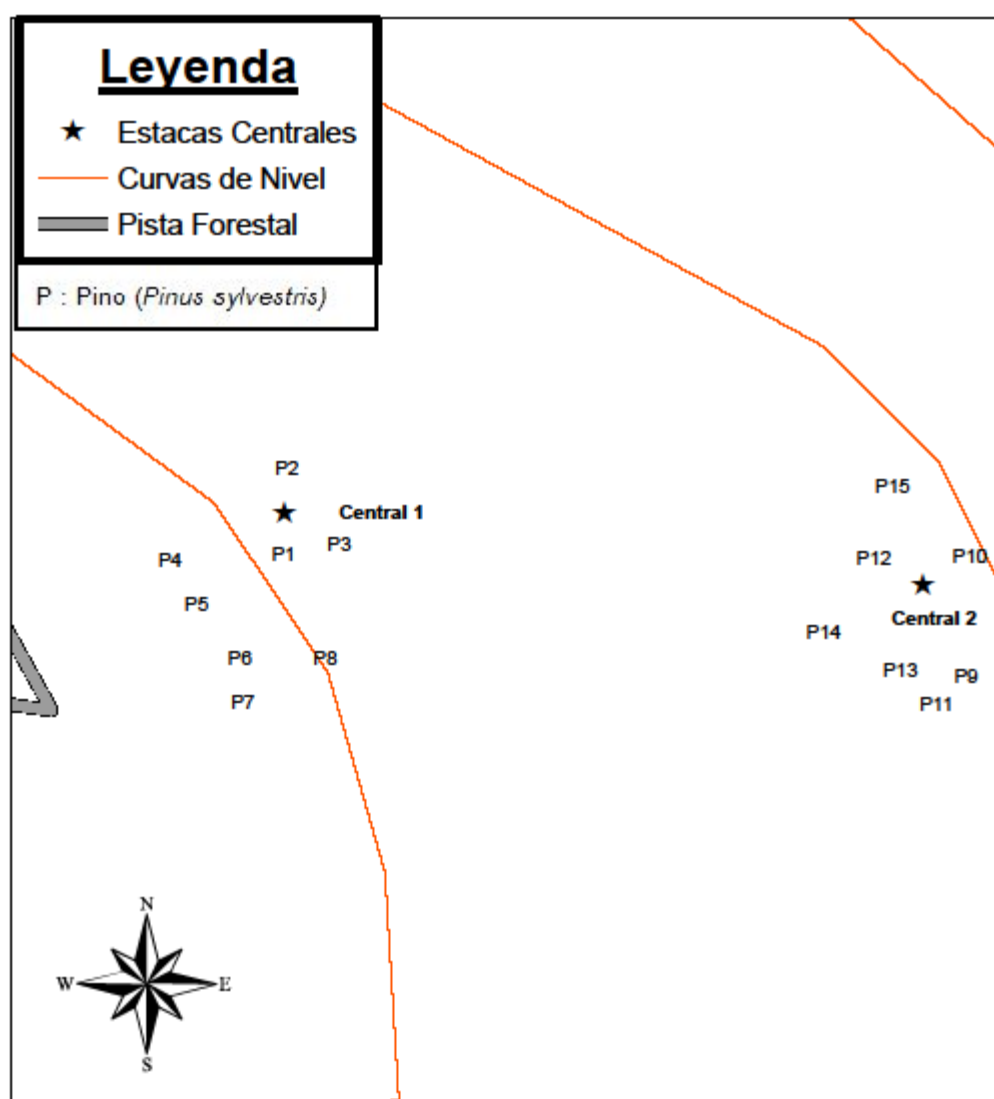


## ANEXO 6: MAPAS

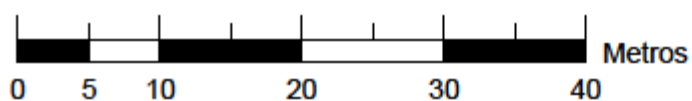




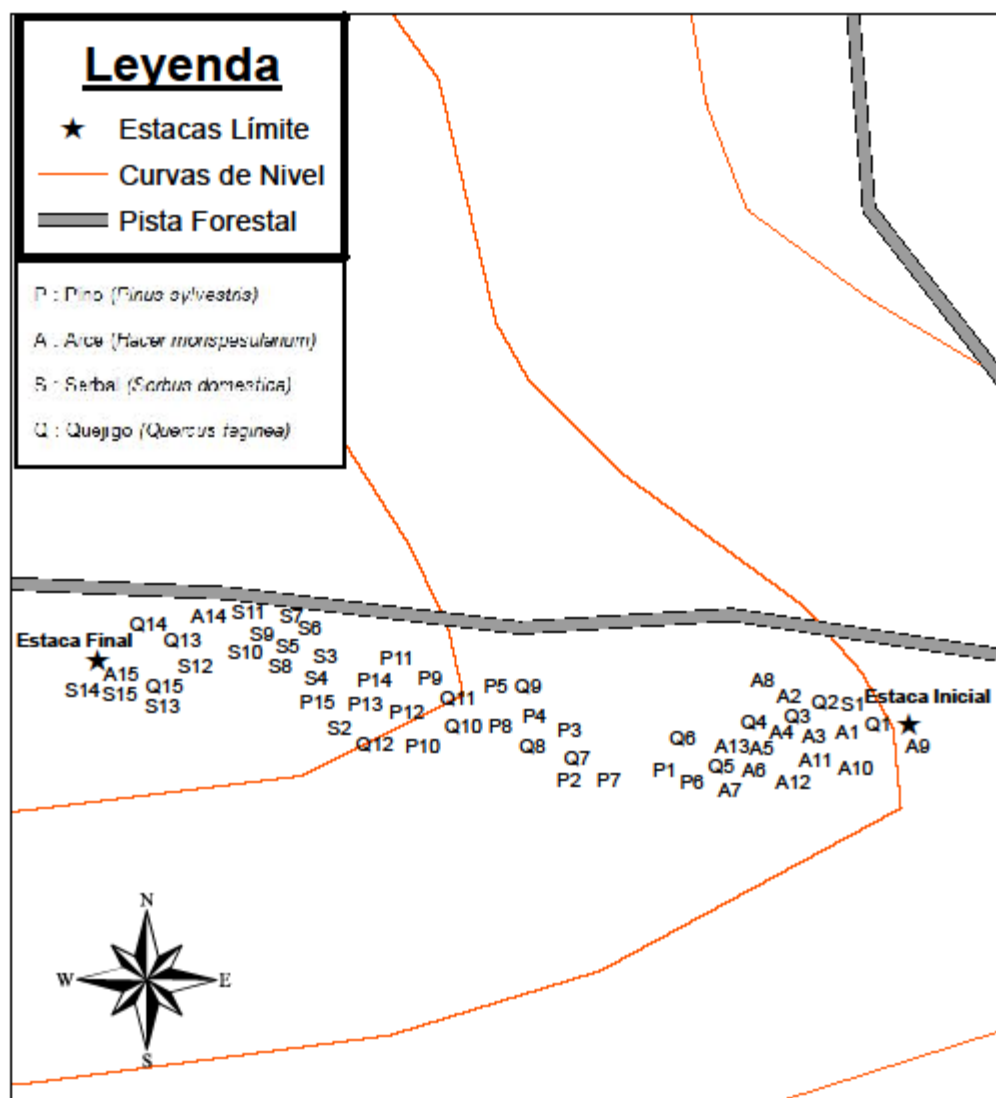




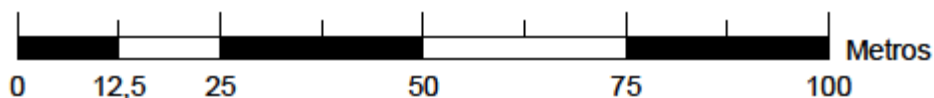
1 cm = 4 m



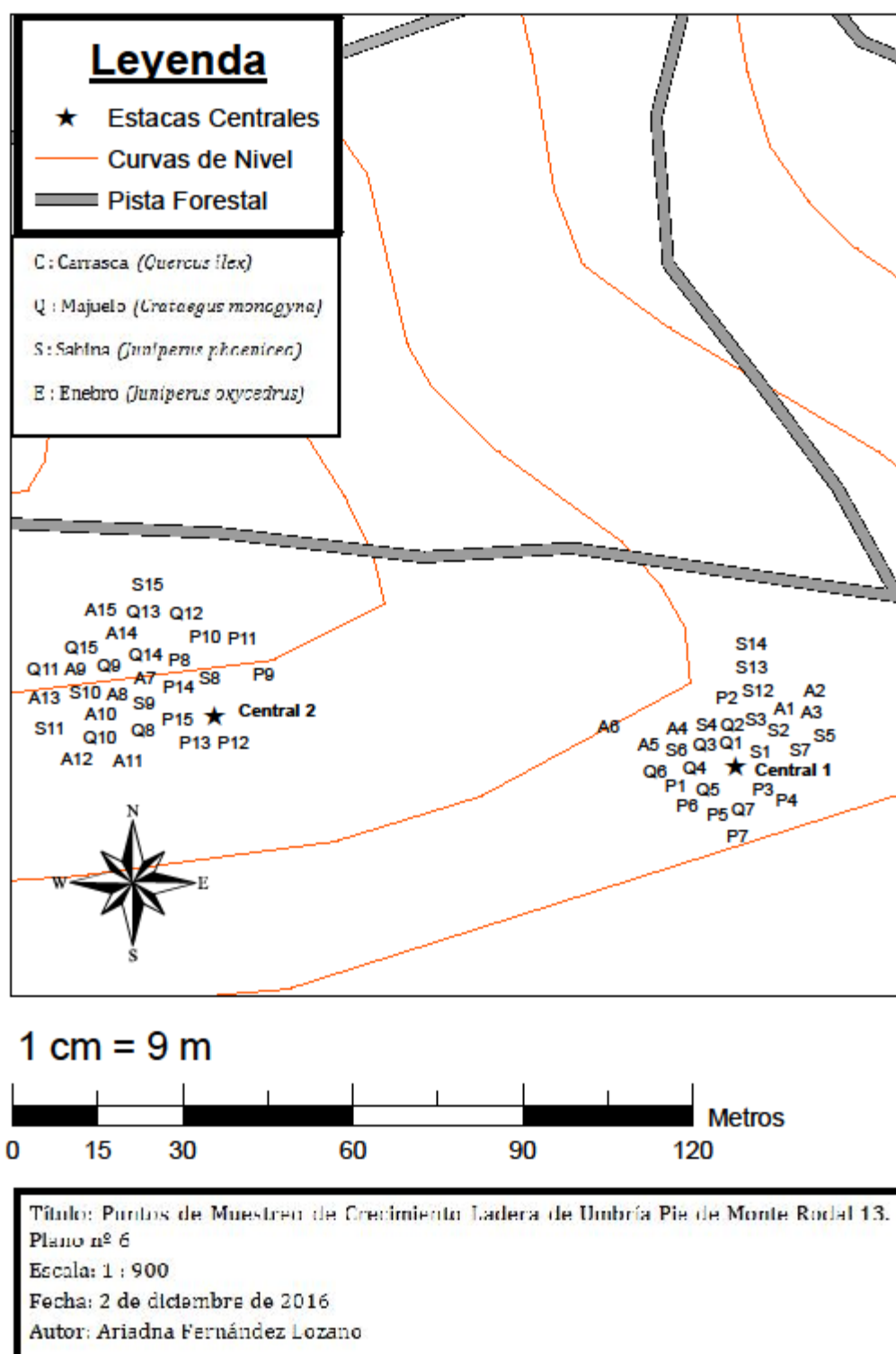
Título: Puntos de Muestreo de Crecimiento Ladera de Solana Baja Rodal 13. Plano nº 4  
Escala: 1 : 400  
Fecha: 2 de diciembre de 2016  
Autor: Ariadna Fernández Lozano

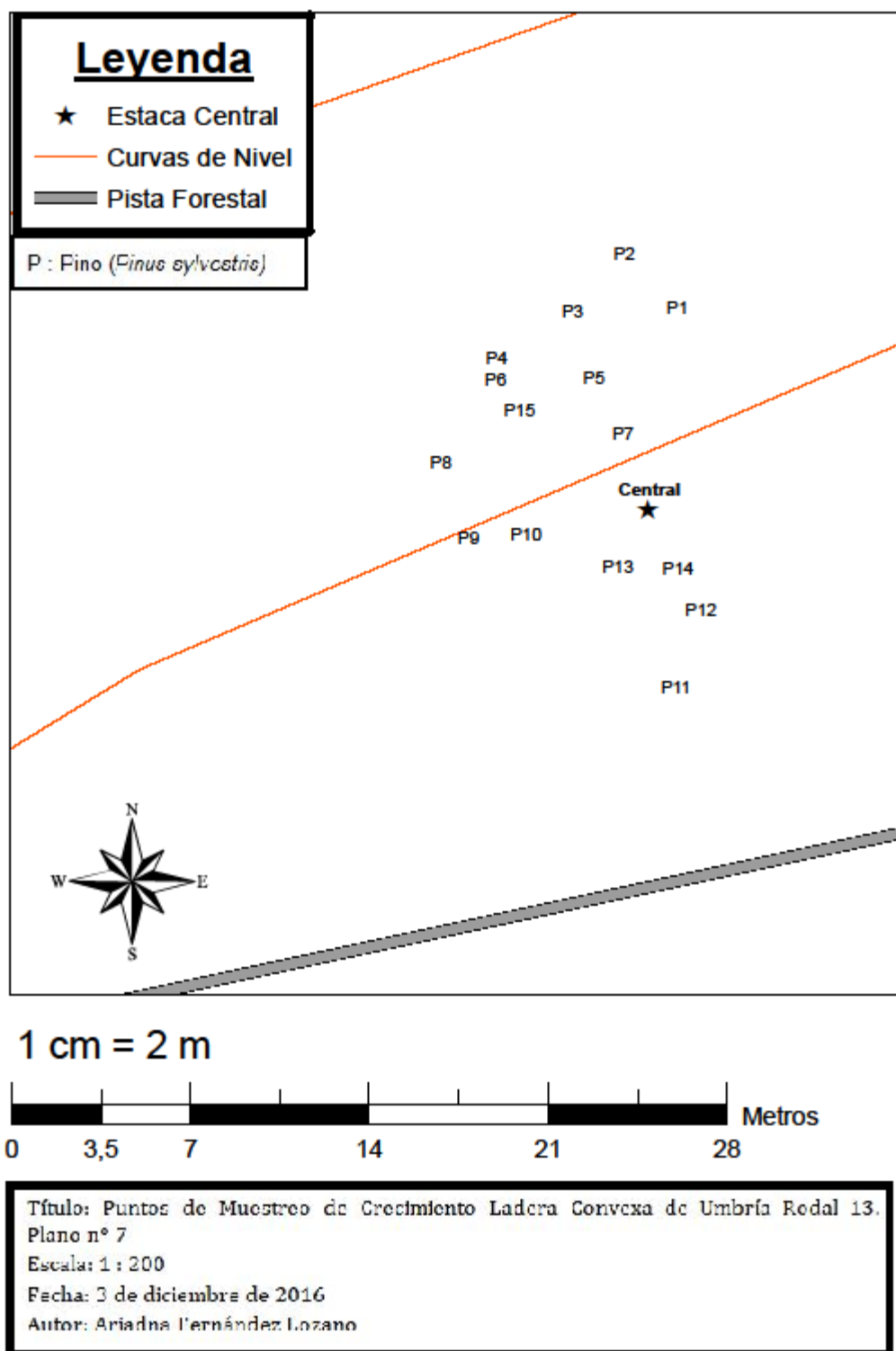


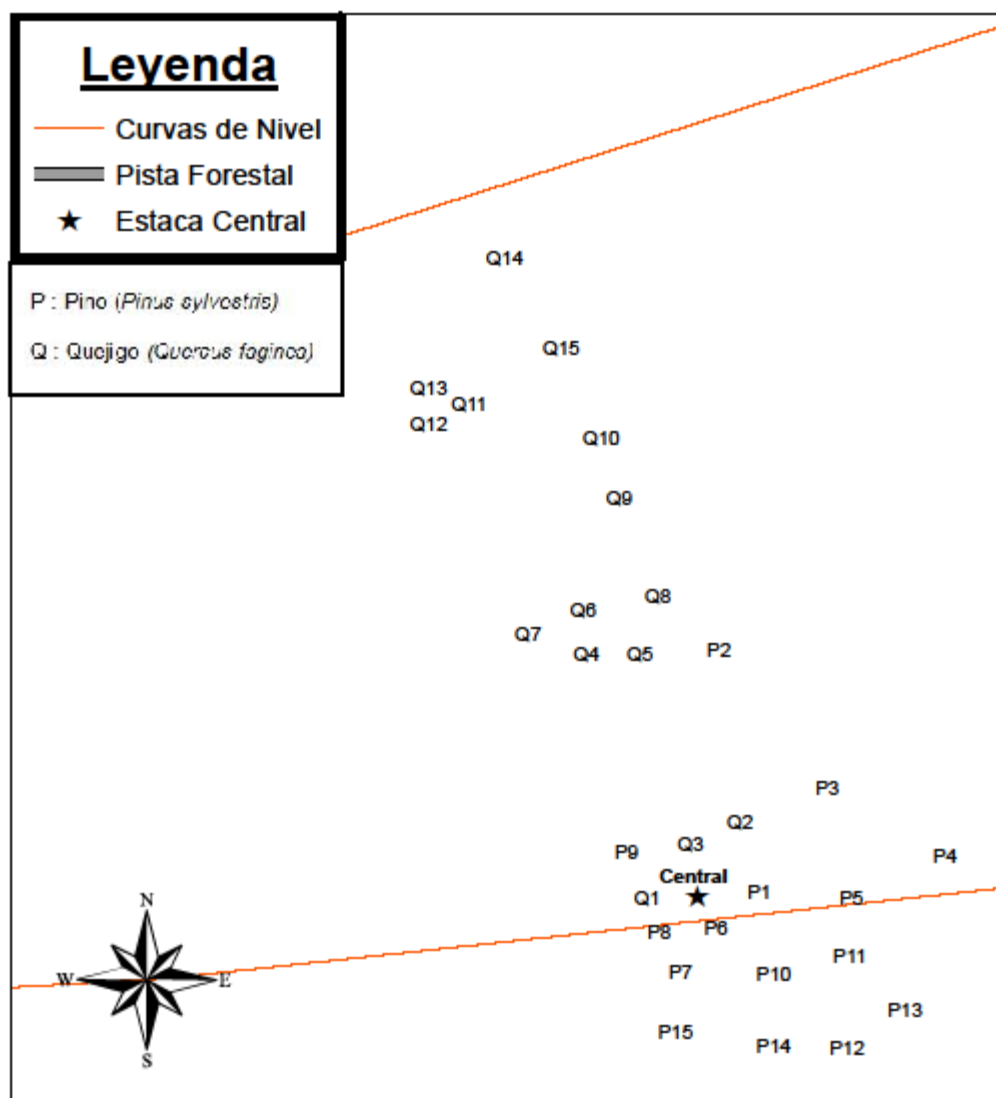
1 cm = 7 m



Título: Puntos de Muestreo de Crecimiento Fondo Vaguada Rodal 13. Plano nº 5  
Escala: 1 : 700  
Fecha: 2 de diciembre de 2016  
Autor: Ariadna Fernández Lozano

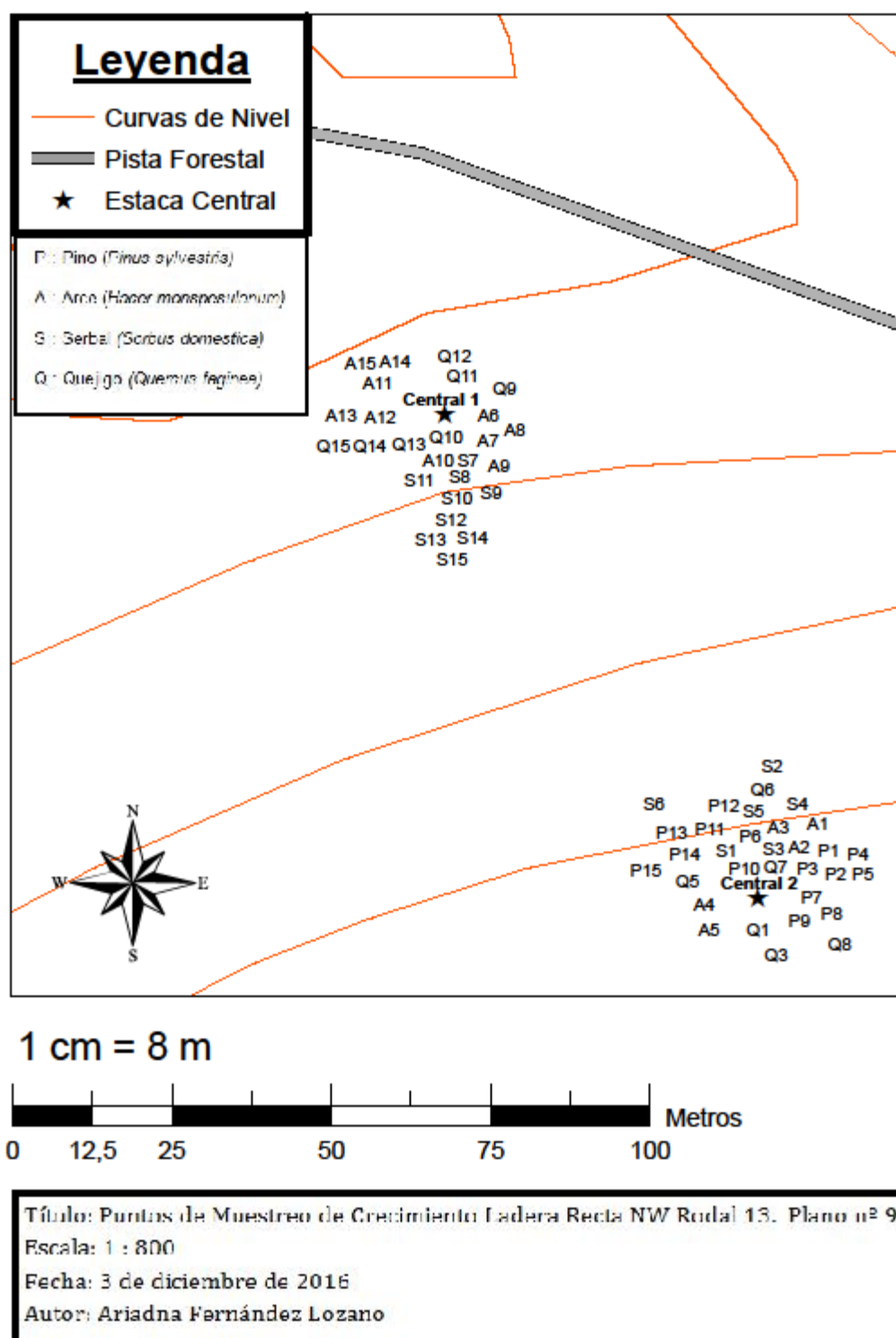


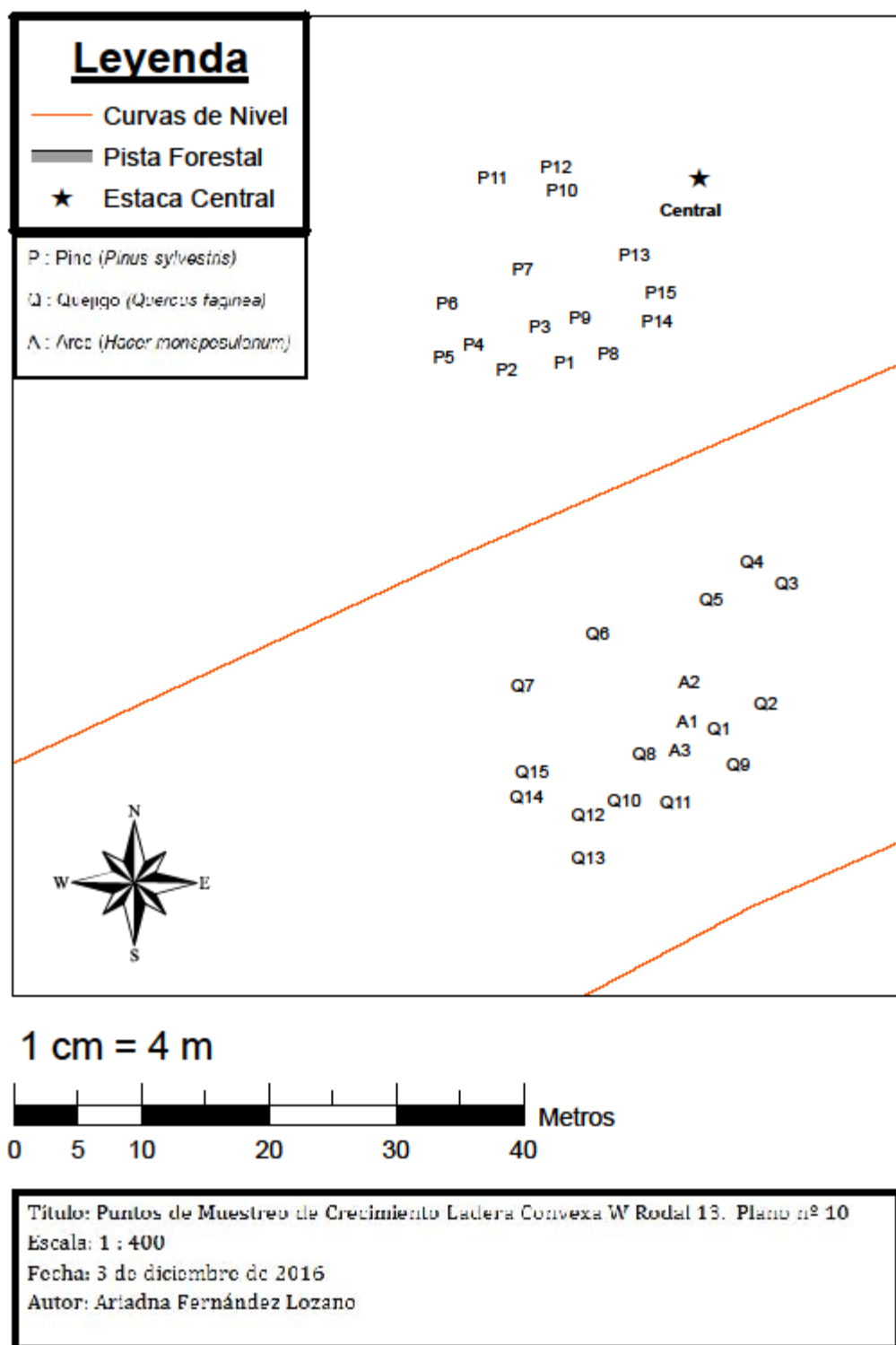


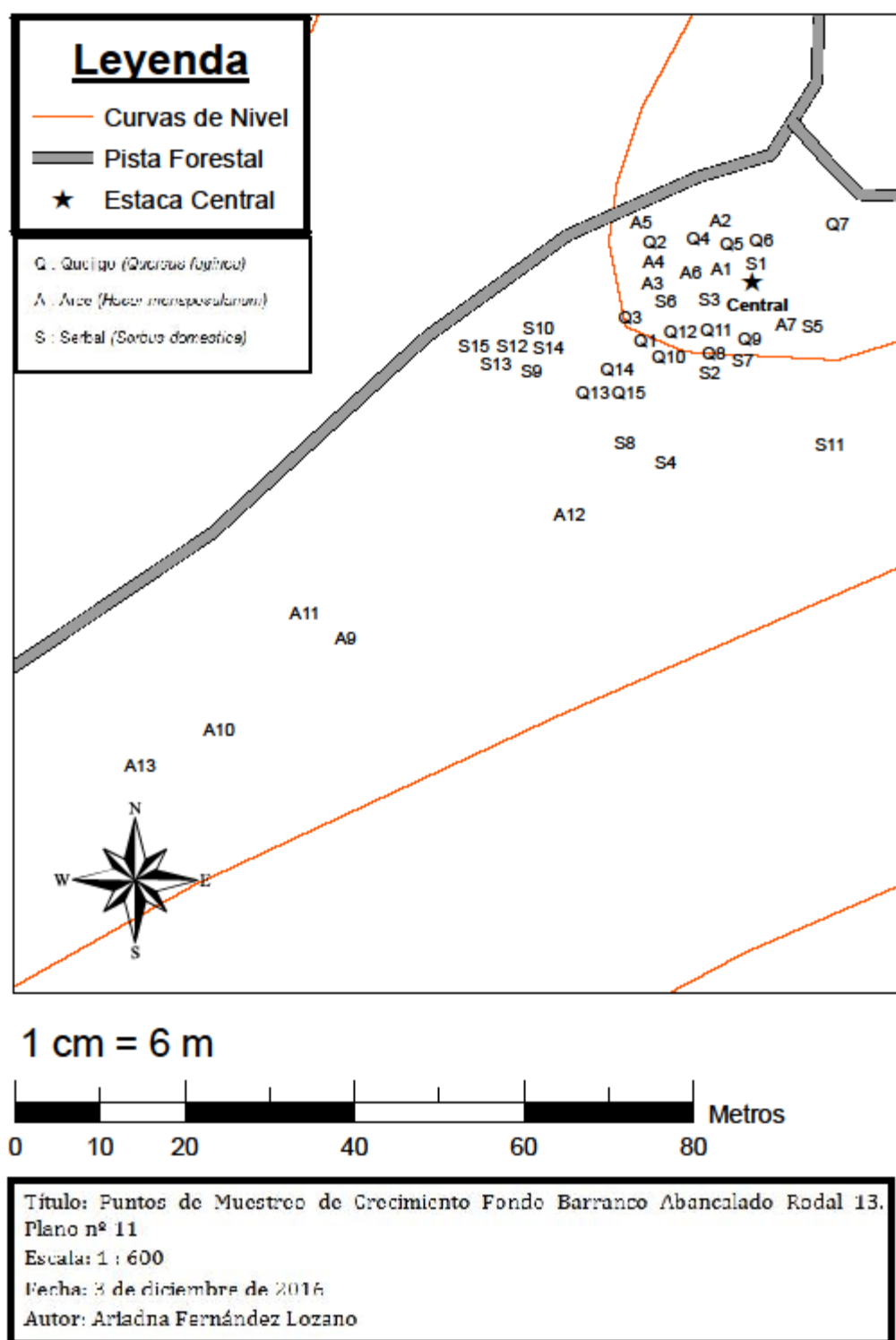


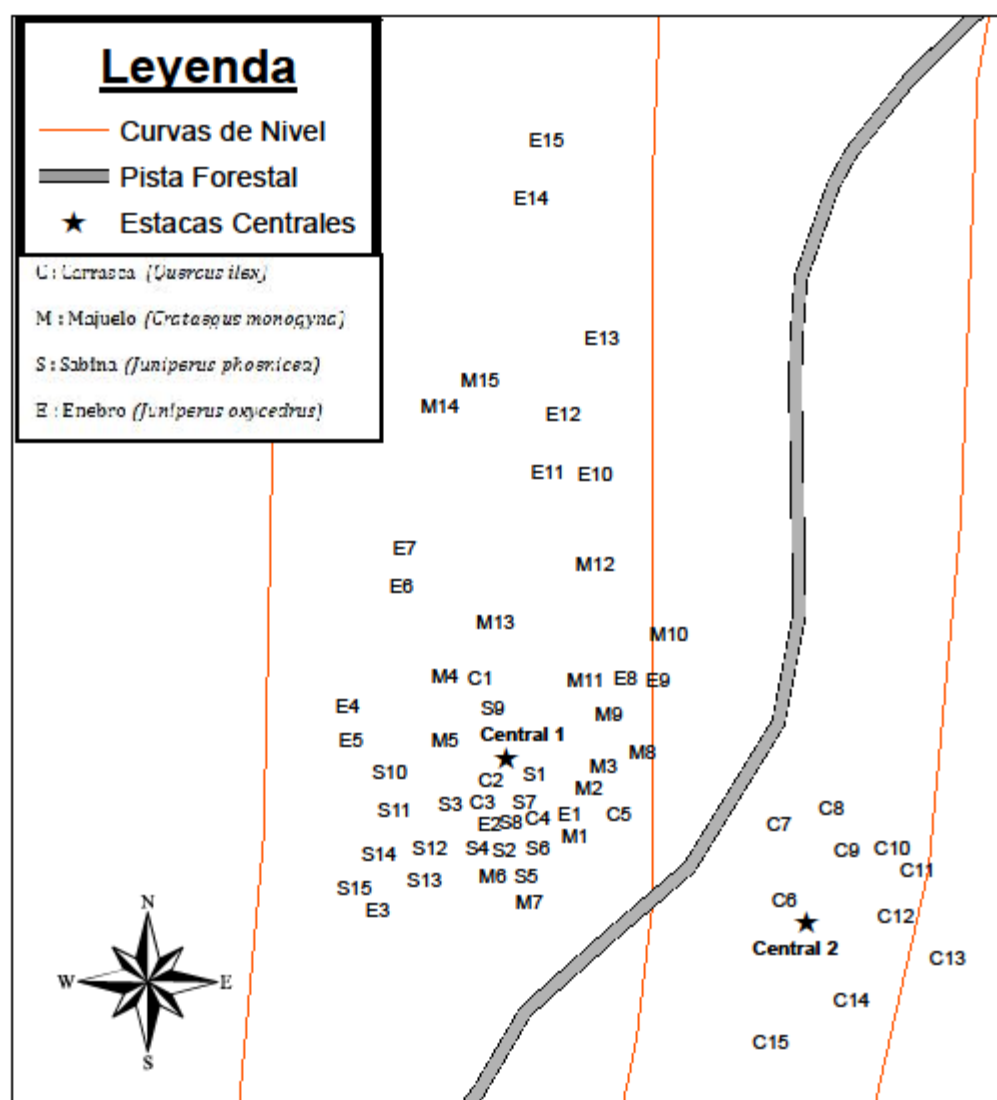
Título: Puntos de Muestreo de Crecimiento Ladera Cóncava de Umbria Rodal 13.  
Plano nº 8  
Escala: 1 : 300  
Fecha: 3 de diciembre de 2016  
Autor: Ariadna Hernández Lozano



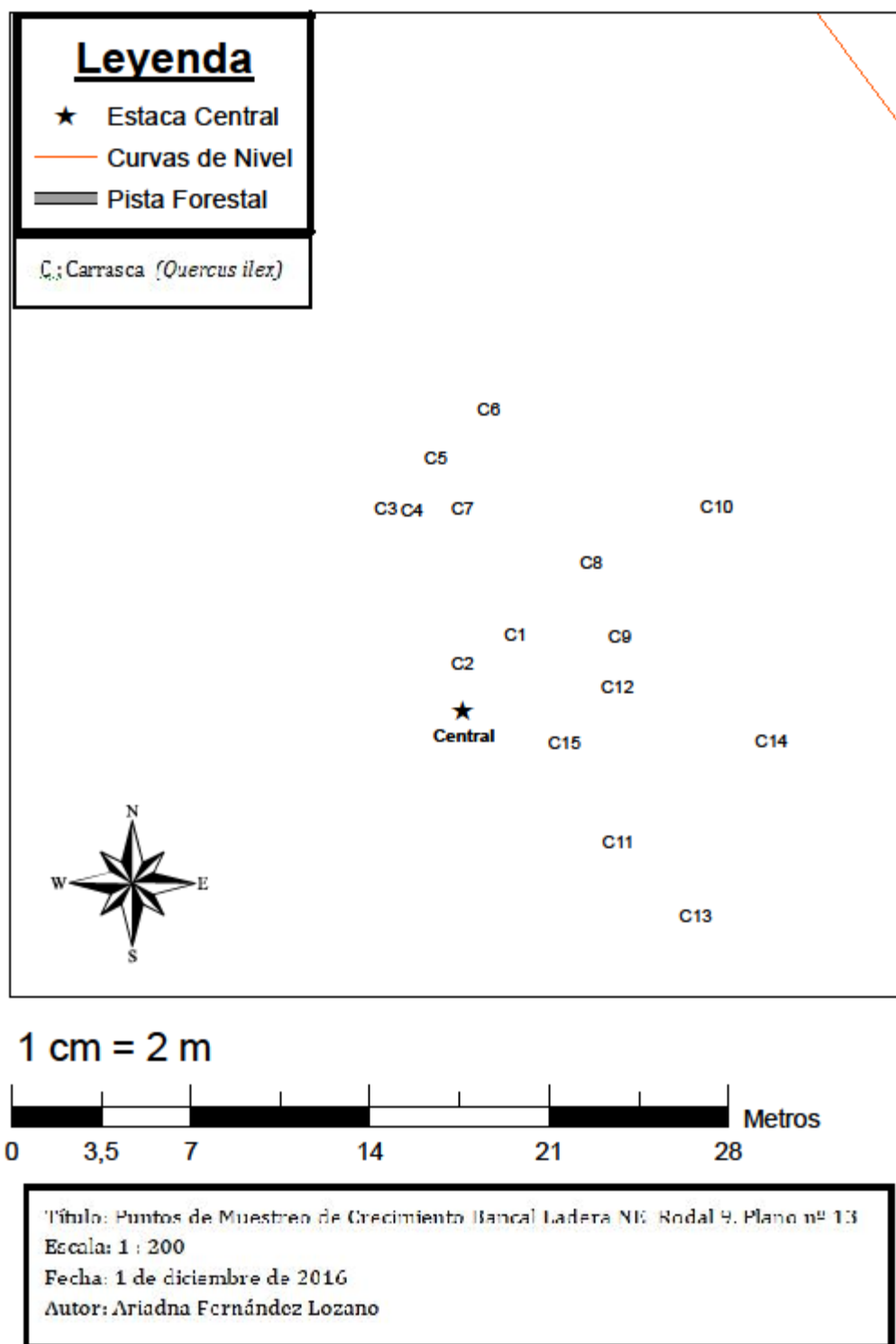


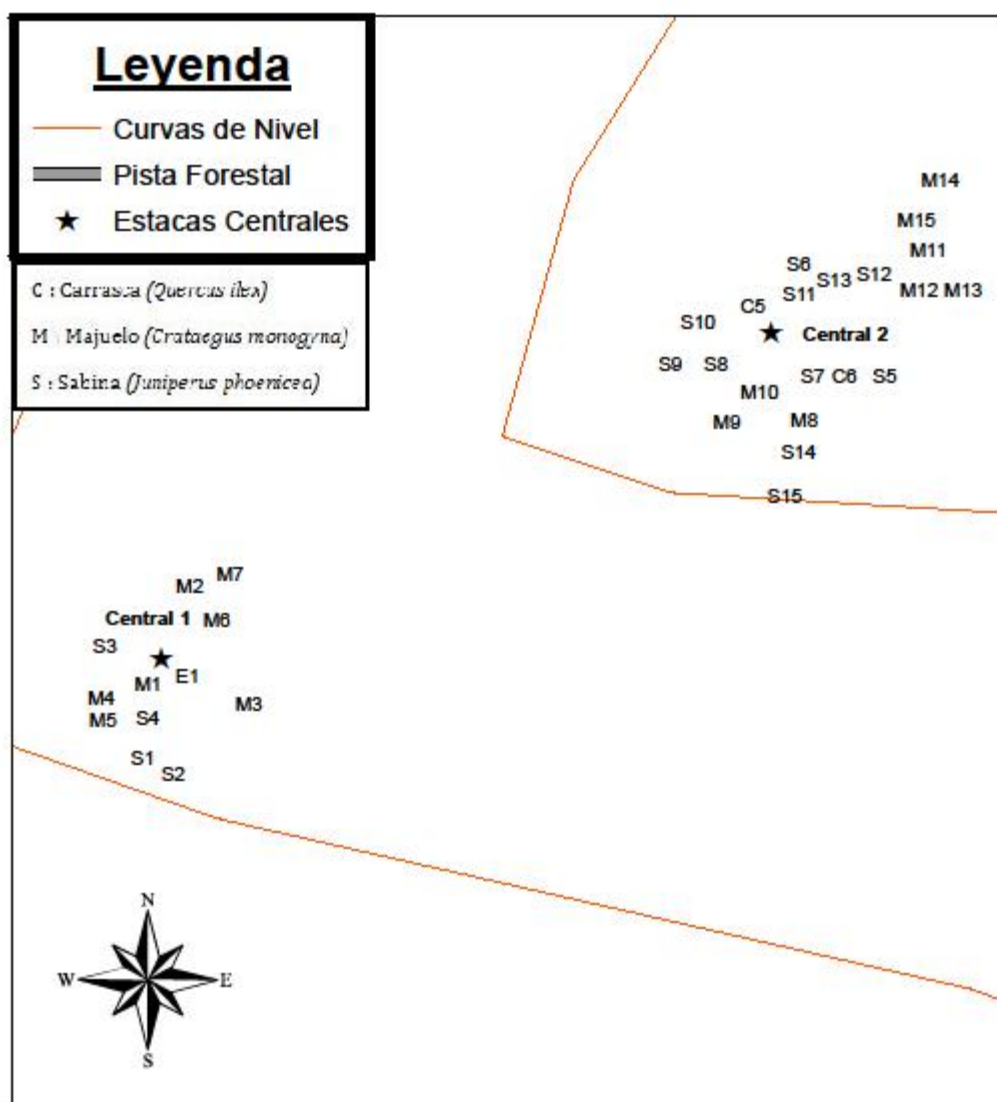




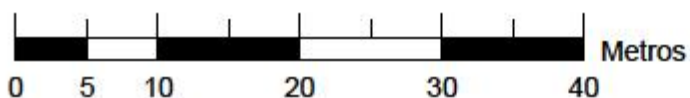


Título: Puntos de Muestreo de Crecimiento Ladera Convexa E Rodal 9. Plano nº 12  
Escala: 1 : 700  
Fecha: 1 de diciembre de 2016  
Autor: Ariadna Fernández Lozano





1 cm = 4 m



Título: Puntos de Muestreo de Crecimiento Bancal Fondo Vaguada Rodal 9. Plano nº 14

Escala: 1: 400

Fecha: 2 de diciembre de 2016

Autor: Ariadna Fernández Lozano

