

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRONÒMICA I DEL MEDI
NATURAL

Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

**SEGUIMIENTO DE UNA RED DE PARCELAS DE
EXPERIMENTACIÓN EN UNA MASA COETÁNEA DE
Pinus halepensis Mill. EN EL MUP V154 “LA HUNDE Y
LA PALOMERA” EN EL T.M. DE AYORA (VALENCIA)**

TRABAJO FINAL DE GRADO

AUTORA:
EVA SAMBLÁS VIVES

TUTOR:
EDUARDO ROJAS BRIALES

CURSO 2018/2019

València, julio 2019

SEGUIMIENTO DE UNA RED DE PARCELAS DE EXPERIMENTACIÓN EN UNA MASA COETÁNEA DE *Pinus halepensis* Mill. EN EL MUP V154 “LA HUNDE Y LA PALOMERA” EN EL T.M. DE AYORA (VALENCIA)

En el 2009 se estableció una red de 15 parcelas permanentes en una masa coetánea de *Pinus halepensis* Mill. en el MUP V154 “La Hundede y La Palomera” de Ayora (Valencia) con el fin de evaluar diferentes técnicas de gestión silvícola en esta especie. Se trata de un fustal de 60 años procedente de repoblación en el que se llevaron a cabo tratamientos de clara por lo bajo débil, clara baja fuerte, huroneo diamétrico y transformación a irregular. Cada tratamiento constó de tres repeticiones y, además, se fijaron tres parcelas testigo.

El presente trabajo tiene el objetivo de analizar el efecto que estos primeros tratamientos y dos perturbaciones posteriores por viento y nieve (en 2010 y 2017) han tenido sobre el desarrollo de la masa estudiada. Para cada tratamiento, se han analizado las principales variables dasométricas y el nivel de regeneración y de cobertura de matorral. Se han vuelto a aplicar las cortas siguiendo la misma metodología, a fin de consolidar conclusiones en los próximos 10-20 años.

Tras el análisis de los daños por los temporales, se ha concluido que las primeras intervenciones han mejorado la estabilidad del total de la masa, si bien las intervenciones más intensas comportan mayores riesgos de derribos en los años inmediatamente posteriores.

Respecto a las características dasométricas, las diferencias entre los tratamientos de clara baja débil y fuerte se han demostrado marginales, y se ha observado que, a mayor intensidad de corta, mayor crecimiento corriente en diámetro medio. Además, se han detectado indicios de un sacrificio de producción en el tratamiento de huroneo, que no se produce en el tratamiento de irregular.

Por otra parte, el tratamiento de huroneo es el que ha presentado mejores resultados en cuanto a regeneración, seguido del de transformación a irregular, que también cuenta con una importante presencia de *Ulex parviflorus* Pourr.

Finalmente, ante la imposibilidad de replantar nuevas parcelas sobre el terreno y tras constatar la gran similitud entre los tratamientos de clara baja fuerte y débil, se ha optado por sustituir éste último por un tratamiento de cortas preparatorias, fijando el turno en 80 años. Con estas actuaciones se busca preparar la masa para iniciar unas cortas diseminatorias en la siguiente intervención.

Los resultados obtenidos, tomados con cautela hasta que sean confirmados en los próximos 10-20 años, arrojan las primeras conclusiones útiles para la gestión de masas regulares de edad media de pino carrasco, ya sea manteniéndolas en estructuras regulares o transformándolas en irregulares.

PALABRAS CLAVE: *Pinus halepensis* Mill., parcelas permanentes, regular, claras, irregular, huroneo, corta preparatoria

AUTORA: Eva Samblás Vives

LOCALIDAD Y FECHA: Valencia, julio 2019

TUTOR: Eduardo Rojas Briales

SEGUIMENT D'UNA XARXA DE PARCEL·LES D'EXPERIMENTACIÓ EN UNA MASSA COETÀNIA DE *Pinus halepensis* Mill. EN EL MUP V154 "LA HUNDE I LA PALOMERA" EN EL T.M. D' AYORA (VALÈNCIA)

L'any 2009 es va establir una xarxa de 15 parcel·les permanents en una massa coetània de *Pinus halepensis* Mill. en el MUP V154 "La Hunde i La Palomera" (Ayora, València) amb l'objectiu d'avaluar diferents tècniques de gestió selvícola en aquesta espècie. Es tracta d'un fustal de 60 anys procedent de repoblació en el que es van aplicar tractaments d'aclarida baixa dèbil, aclarida baixa forta, huroneig diamètric i transformació a irregular. Cada tractament constava de tres repeticions y, a més a més, es van establir 3 parcel·les control.

El present treball té l'objectiu d'analitzar l'efecte que aquests primers tractaments i dos pertorbacions posteriors per vent i neu (2010 i 2017) han tingut sobre el desenvolupament de la massa estudiada. En cada tractament s'han analitzat les principals variables dasomètriques, el nivell de regeneració i la coberta de matoll. S'han tornat a aplicar les tallades seguint la mateixa metodologia per tal de consolidar conclusions en els pròxims 10-20 anys.

Després d'analitzar els danys causats pels temporals, es conclou que les primeres intervencions han millorat l'estabilitat del total de la massa, si bé les intervencions més intenses impliquen majors riscos de caiguda d'arbres en els anys immediatament posteriors.

En referència a les característiques dasomètriques, les diferències entre els tractaments de clara baixa dèbil y forta s'han mostrat marginals, y s'ha observat que, a major intensitat de les intervencions, major creixement corrent en diàmetre mitjà. A més a més, s'han detectat indicis d'un sacrifici de producció en el tractament d'huroneig que no es produeixen en el tractament d'irregular.

D'altra banda, pel que fa a la regeneració, el tractament d'huroneig es el que ha presentat els millors resultats, seguit de la transformació a irregular. En aquest últim cas, destaca l'elevada presència de *Ulex parviflorus* Pourr.

Finalment, davant la impossibilitat d'establir noves parcel·les sobre el terreny i després d'haver constatat la imperceptible diferència entre els tractaments d'aclarides baixes forta i dèbil, s'ha optat per substituir aquest últim per un tractament de tallades preparatòries, fixant el torn en 80 anys. Amb aquestes actuacions es busca preparar la massa per iniciar unes tallades de disseminació en la següent intervenció.

Els resultats obtinguts, mantenint la cautela fins que siguen confirmats en els pròxims 10-20 anys, proporcionen les primeres conclusions útils per a la gestió de masses regulars de mitjana edat de pi blanc, tant si es mantenen en estructures regulars com si es transformen a irregulars.

PARAULES CLAU: *Pinus halepensis* Mill., parcel·les permanents, massa regular, aclarides, irregular, huroneig, tallada preparatòria

AUTORA: Eva Samblás Vives

LOCALITAT I DATA: València, juliol 2019

TUTOR: Eduardo Rojas Briales

MONITORING OF A NETWORK OF EXPERIMENTAL PLOTS IN AN EVEN-AGED STAND OF *Pinus halepensis* Mill. IN MUP V154 "LA HUNDE Y LA PALOMERA" (AYORA, VALENCIA)

In order to evaluate different silvicultural alternatives for even-aged stands of *Pinus halepensis* Mill. a network of 15 permanent plots was established in MUP V154 "La Hunde y La Palomera" (Ayora, Valencia). The stand was planted 60 years ago. Additionally to witness plots, two different thinning intensities, as well as two selection felling treatments with the aim to convert this stands to uneven-aged structures, were carried out.

The aim of this study is to analyse the effect of these treatments and the damage caused by two storms (in 2010 and 2017) in terms of main stand characteristics, natural regeneration and shrub coverage. By following the same methodology, the different treatments have been carried out for the second time, in order to consolidate conclusions in the next 10-20 years.

After analysing the wind and snow damages, results show a noticeable improvement in crop stability 10 years after the fellings, even though the greater intensities imply a higher risk of windthrows the years immediately after the interventions.

In regard to stand characteristics, the differences between both thinning methods have turned out to be minimal, and an evidence of a loss of yield by volume has been detected in the selection cutting treatment. Also, it concludes that the greater the intensity of felling, the larger the current increment of square mean diameter.

On the other hand, the selection cutting treatment has shown the highest percentage of regeneration, followed by the transformation to uneven-aged stand treatment.

Finally, facing the difficulties in locating new plots in the study area and after confirming the strong similarity between both thinning intensities, the low thinning regime has been substituted by preparatory fellings treatment before shelterwood regeneration system is applied at a later stage and with a final rotation age of 80 years.

The results of this research, with all precaution until they can be confirmed in 10-20 years, allow a set of first useful conclusions for the silviculture applied to middle-age even-aged stands of *Pinus halepensis*, either maintaining them as even-aged or transforming them into uneven-aged.

KEYWORDS: *Pinus halepensis* Mill., permanent plots, even-aged stand, thinning, uneven-aged stand, selection cutting, preparatory cutting

AUTHOR: Eva Samblás Vives

LOCALITY AND DATE: Valencia, July 2019

TUTOR: Eduardo Rojas Briales

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a mi tutor, Eduardo Rojas, todo el conocimiento compartido y la oportunidad que me ha brindado.

Dar gracias también a Juan Pedrajas y Vicent Ribas, por los intensos fines de semana de trabajo en campo, a pesar del calor, el frío, el viento o el granizo. Después de tantos meses, este trabajo es vuestro también.

Finalmente, agradecer a mis padres toda la paciencia, la confianza y las palabras de apoyo en la distancia.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Introducción a <i>Pinus halepensis</i> Mill.....	1
1.2. Antecedentes.....	2
2. JUSTIFICACIÓN, OBJETIVOS Y LIMITACIONES.....	3
2.1. Justificación y objetivos.....	3
2.2. Limitaciones y corrección de errores.....	3
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
3.1. Caracterización del área de estudio.....	4
3.1.1. Localización.....	4
3.1.2. Orografía y configuración del terreno.....	5
3.1.3. Geología y edafología.....	5
3.1.4. Climatología.....	6
3.2. Caracterización de las parcelas.....	8
3.3. Caracterización dasométrica de la masa.....	9
3.4. Diseño del inventario y trabajo de campo.....	11
3.4.1. Trabajo de campo previo.....	11
3.4.2. Diseño del inventario.....	11
3.4.3. Trabajo de campo posterior.....	13
3.5. Diseño de los tratamientos selvícolas.....	13
3.5.1. Síntesis de los tratamientos anteriores.....	14
3.5.2. Modificación del tratamiento de clara baja débil (CBD).....	15
3.5.3. Criterios de corta.....	16
3.6. Análisis estadístico.....	17
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
4.1. Comparación de los derribos del 2017 con los derribos del 2010.....	17
4.2. Resultados de los tratamientos selvícolas.....	20
4.3. Evolución y crecimiento de la masa.....	22
4.3.1. Efectos sobre la producción y las características del árbol medio.....	22
4.3.2. Comparación con las tablas de producción de Montero et al. (2001).....	29
4.4. Evaluación del regenerado y la cobertura de matorral.....	30
5. CONCLUSIONES.....	34
6. BIBLIOGRAFÍA.....	37
7. ANEXOS.....	39
7.1. Anexo cartográfico.....	39
7.1.1. Plano 1. Plano de situación de la zona de estudio.....	40
7.1.2. Plano 2. Plano de emplazamiento de las parcelas de tratamiento.....	41
7.2. Anexo estadístico.....	42
7.2.1. Resultados del inventario.....	42
7.2.2. Relaciones altura diámetro.....	44

7.2.3. Resultados del análisis estadístico del diseminado.....	45
7.2.4. Resultados del análisis 4. Estadístico del regenerado establecido.....	47
7.2.5. Resultados del análisis estadístico de la cobertura de matorral.....	48
7.2.6. Resultados del análisis estadístico de los crecimientos.....	49
7.3. Tablas de producción de Montero <i>et al.</i> (2001)	50
7.3.1. Tabla de producción para la calidad 14 con claras moderadas.....	50
7.3.2. Tabla de producción para la calidad 17 con claras moderadas.....	51
7.4. Memoria fotográfica.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Información de las estaciones analizadas. Fuente: SIAR (2019), CIF (1996-2019), SIGA (2019)	6
Tabla 2. Datos climáticos de Ayora-La Hunde. Fuente: SIGA (2019)	7
Tabla 3. Índices bioclimáticos según la clasificación de Rivas-Martínez.....	7
Tabla 4. Caracterización de las parcelas.....	8
Tabla 5. Parámetros dasométricos por tratamiento después de los vendavales de 2010. Fuente: Póveda (2010)	14
Tabla 6. Extracciones en las parcelas de cortas preparatorias. Fuente: Montero <i>et al.</i> (2001)	16
Tabla 7. Parámetros de la masa derribada en el vendaval de 2017 por tratamiento.....	18
Tabla 8. Parámetros de la masa derribada en el vendaval de 2010 por tratamiento.....	19
Tabla 9. Parámetros de la masa antes y después del tratamiento.....	20
Tabla 10. Valores promedio de crecimientos medios anuales, crecimientos corrientes anuales y volúmenes unitarios del árbol medio por tratamiento.....	23
Tabla 11. Síntesis del total de resultados desde el inicio del estudio hasta la actualidad (2009-2019)	24
Tabla 12. Resultados del análisis de Kruskal-Wallis y del Post-hoc de Tukey con una significación del 0,05 para la variable crecimiento corriente en diámetro medio. El (*) indica diferencias significativas y las letras mayúsculas marcan las agrupaciones de los tratamientos según su efecto en la variable.....	28
Tabla 13. Valores dasométricos a los 60 años para las claras bajas débil y fuerte y la tabla de producción de Montero <i>et al.</i> (2001) para la calidad 15,5 y régimen de claras moderadas. ΔHg representa el incremento en altura media entre los 50 y los 60 años (previamente a las cortas correspondientes en ambos casos)	29
Tabla 14. Número de pies por parcela y clase diamétrica.....	42

Tabla 15. Parámetros estadísticos de la variable diámetros.....	42
Tabla 16. Parámetros estadísticos de la variable alturas. Siendo N el número total de pies por parcela, n el número de alturas medidas por parcela, μ el estimador de la media poblacional, σ^2 el estimador de la varianza poblacional, σ la desviación típica, CV el coeficiente de variación, E_a el error absoluto y E_r el error relativo.....	43
Tabla 17. Curvas altura-diámetro para cada parcela.....	44
Tabla 18. Distribución de calidades (en función de la altura dominante) entre parcelas de un mismo tratamiento.....	45
Tabla 19. Prueba de Kruskal-Wallis para diseminado (pies/ha) por calidad en TEST. Nivel de confianza del 95%.....	45
Tabla 20. Pruebas de Múltiple Rangos para diseminado (pies/ha) por calidad en TEST. Método 95% Tukey HSD.....	45
Tabla 21. Prueba de Kruskal-Wallis para diseminado (pies/ha) por calidad en CBD. Nivel de confianza del 95%.....	46
Tabla 22. Pruebas de Múltiple Rangos para diseminado (pies/ha) por calidad en CBD. Método 95% Tukey HSD.....	46
Tabla 23. Prueba de Kruskal-Wallis para diseminado (pies/ha) por calidad en CBF. Nivel de confianza del 95%.....	46
Tabla 24. Pruebas de Múltiple Rangos para diseminado (pies/ha) por calidad en CBF. Método 95% Tukey HSD.....	46
Tabla 25. Prueba de Kruskal-Wallis para diseminado (pies/ha) por calidad en IRR. Nivel de confianza del 95%.....	46
Tabla 26. Pruebas de Múltiple Rangos para diseminado (pies/ha) por calidad en IRR. Método 95% Tukey HSD.....	46
Tabla 27. Prueba de Kruskal-Wallis para diseminado (pies/ha) por calidad en HUR. Nivel de confianza del 95%.....	46
Tabla 28. Pruebas de Múltiple Rangos para diseminado (pies/ha) por calidad en HUR. Método 95% Tukey HSD.....	46
Tabla 29. Prueba de Kruskal-Wallis para diseminado (pies/ha) por tratamiento. Nivel de confianza del 95%.....	46
Tabla 30. Pruebas de Múltiple Rangos para diseminado (pies/ha) por tratamiento. Método 95% Tukey HSD.....	46
Tabla 31. Prueba de Kruskal-Wallis para regenerado establecido (pies/ha) por calidad en TEST. Nivel de confianza del 95%.....	47

Tabla 32. Prueba de Kruskal-Wallis para regenerado establecido (pies/ha) por calidad en CBF. Nivel de confianza del 95%.....	47
Tabla 33. Prueba de Kruskal-Wallis para regenerado establecido (pies/ha) por calidad en CBD. Nivel de confianza del 95%.....	47
Tabla 34. Pruebas de Múltiple Rangos para diseminado (pies/ha) por calidad en CBD. Método 95% Tukey HSD.....	47
Tabla 35. Prueba de Kruskal-Wallis para regenerado establecido (pies/ha) por calidad en IRR. Nivel de confianza del 95%.....	47
Tabla 36. Prueba de Kruskal-Wallis para regenerado establecido (pies/ha) por calidad en HUR. Nivel de confianza del 95%.....	47
Tabla 37. Prueba de Kruskal-Wallis para regenerado establecido (pies/ha) por tratamiento. Nivel de confianza del 95%.....	47
Tabla 38. Pruebas de Múltiple Rangos para regenerado establecido (pies/ha) por tratamiento. Método 95% Tukey HSD.....	47
Tabla 39. Prueba de Kruskal-Wallis para <i>Quercus ilex</i> por tratamiento con un nivel de confianza del 95%.....	48
Tabla 40. Pruebas de Múltiple Rangos para <i>Quercus ilex</i> por tratamiento. Método 95% Tukey HSD.....	48
Tabla 41. Prueba de Kruskal-Wallis para <i>Juniperus oxycedrus</i> por tratamiento con un nivel de confianza del 95%.....	48
Tabla 42. Pruebas de Múltiple Rangos para <i>Juniperus oxycedrus</i> por tratamiento. Método 95% Tukey HSD.....	48
Tabla 43. Prueba de Kruskal-Wallis para <i>Ulex parviflorus</i> por tratamiento con un nivel de confianza del 95%.....	48
Tabla 44. Pruebas de Múltiple Rangos para <i>Ulex parviflorus</i> por tratamiento. Método 95% Tukey HSD.....	48
Tabla 45. Prueba de Kruskal-Wallis para ica Dg (cm/año) por tratamiento con un nivel de confianza del 95%.....	49
Tabla 46. Pruebas de Múltiple Rangos para ica Dg (cm/año) por tratamiento. Método 95% Tukey HSD.....	49
Tabla 47. Tabla de producción para la calidad 14 con claras moderadas. Fuente: Montero et al. (2001)	50
Tabla 48. Tabla de producción para la calidad 17 con claras moderadas. Fuente: Montero et al. (2001)	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama ombrotérmico de Ayora-La Hunde.....	6
Figura 2. Número de pies por hectárea derribados por los vendavales	18
Figura 3. Volumen por hectárea derribado por los vendavales.....	18
Figura 4. Variación en la densidad de pies por tratamiento.....	21
Figura 5. Variación en volumen por tratamiento.....	21
Figura 6. Distribución fitosociológica de la masa previa y posterior a las intervenciones.....	22
Figura 7. Variación del crecimiento corriente en volumen (ica V), expresado en porcentaje respecto del crecimiento corriente en volumen del testigo, frente al área basimétrica residual (AB res), expresada como porcentaje del área basimétrica residual del testigo. ORIGEN (100%,100%).....	25
Figura 8. Evolución del diámetro medio (Dg) por tratamiento entre el 2009 y el 2019. ORIGEN DEL “EJE Y” EN 20 cm.....	26
Figura 9. Evolución de la altura media (Hg) por tratamiento entre el 2009 y el 2019. ORIGEN DEL “EJE Y” EN 10 m.....	26
Figura 10. Evolución del área basimétrica media por tratamiento entre el 2009 y el 2019. ORIGEN DEL “EJE Y” EN 10 m ² /ha.....	27
Figura 11. Evolución de las existencias medias por tratamiento entre el 2009 y el 2019. ORIGEN DEL “EJE Y” EN 50 m ³ /ha.....	27
Figura 12. Evolución del volumen unitario del árbol medio por tratamiento entre el 2009 y el 2019.....	27
Figura 13. Variación del volumen del árbol medio del 2019, expresado en porcentaje respecto del volumen del árbol medio del testigo, frente al área basimétrica residual (AB res), expresada como porcentaje del área basimétrica residual del testigo. ORIGEN (100%,100%).....	28
Figura 14. Densidad de diseminado media por tratamiento. Distintas letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos.....	31
Figura 15. Densidad de diseminado por parcela. Distintas letras en minúscula indican diferencias significativas entre las parcelas de un mismo tratamiento y en mayúscula diferencias significativas entre tratamientos.....	31
Figura 16. Densidad media de regenerado establecido por tratamiento y clasificado por alturas. Las distintas letras en mayúscula indican diferencias significativas entre tratamientos.....	32

Figura 17. Densidad de regenerado establecido por parcela. Distintas letras en minúscula indican diferencias significativas entre parcelas de un mismo tratamiento y en mayúscula diferencias significativas entre tratamientos.....	33
Figura 18. Cobertura media por especie y tratamiento. El número hace referencia a la especie, y distintas letras indican diferencias significativas entre tratamientos.....	34
Figura 19. Diagrama de cajas y bigotes de la variable diámetro por parcela.....	43
Figura 20. Parcela 8 antes de las cortas. La imagen es la evolución de una clara baja débil. Fuente: elaboración propia.....	52
Figura 21. Parcela 8 después de un tratamiento de cortas preparatorias. Fuente: elaboración propia.....	52
Figura 22. Parcela 6 (CBF) antes de las cortas. Fuente: elaboración propia.....	53
Figura 23. Parcela 3 (CBF) después de las cortas. Fuente: elaboración propia.....	53
Figura 24. Parcela 9 (PASO A IRREGULAR) antes de las cortas. Fuente: elaboración propia.....	54
Figura 25. Parcela 7 (HURONEO) antes de las cortas. Fuente: elaboración propia.....	54
Figura 26. Parcela 12 (HURONEO) después de las cortas. Fuente: elaboración propia.....	55
Figura 27. Parcela 14 (TESTIGO) antes de la retirada de los pies muertos. Fuente: elaboración propia.....	55
Figura 28. Parcela 15 (TESTIGO) después de la retirada de los pies muertos. Fuente: elaboración propia.....	56

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción al *Pinus halepensis* Mill.

El *Pinus halepensis* Mill. es una de las especies más representativas de la vertiente mediterránea y su superficie total ocupada se estima en unos 3,5 millones de hectáreas (Prada, 2008). Es especialmente abundante en el Mediterráneo occidental, abarcando grandes extensiones en países como España, Francia, Marruecos o Argelia. No obstante, a partir del mar Egeo va siendo sustituido por el *Pinus brutia* Ten., que cubre extensas áreas de Grecia, Turquía, Siria o el Líbano.

En España, los casi 1,8 millones de hectáreas que ocupa, convierten al pino carrasco en la segunda especie arbórea más abundante, por detrás de *Quercus ilex* L. Así, se distribuye principalmente en la mitad este de la Península Ibérica, adentrándose hacia el interior por la cuenca del Ebro, La Mancha, La Alcarria y el Sistema Bético (Prada, 2008). En el caso de la Comunitat Valenciana, es el árbol dominante en el 72% de la superficie arbolada, siendo especialmente extenso en toda la provincia de Valencia, el sur de la de Castellón y el norte de la de Alicante (GVA, 2013).

Aunque puede aparecer en masas mixtas con especies como *Pinus nigra* Arn., *Pinus pinaster* Ait o *Quercus ilex* L., el *Pinus halepensis* es una especie que mayoritariamente forma masas monoespecíficas, debido, por un lado, a su amplio uso en las repoblaciones del periodo 1940-1987 (se estima que en el 17% de la superficie total repoblada en estos años se utilizó el pino carrasco (Maestre, 2002)). Y, por otro, a su elevada capacidad de colonizar suelos pobres y degradados y de regenerar rápidamente tras un incendio (por su serotinidad), creando masas muy densas que pueden superar los 10.000 pies por hectárea (Montero *et al.*, 2001).

Es por este gran poder de adaptación por el que su morfología se ve muy condicionada por la calidad de la estación, pudiéndose encontrar desde árboles grandes y esbeltos a ejemplares de fustes tortuosos y finos (Beltrán *et al.*, 2011). Además, aunque en las estaciones de mejor calidad su posibilidad puede llegar a los 4-6 m³/ha-año, se estima que la media es inferior a 2 m³/ha-año (Prada, 2008), con lo que su productividad es relativamente limitada.

Todo esto hace que el *Pinus halepensis* destaque más por su papel como especie protectora y su valor paisajístico que por su aprovechamiento maderero, perdiéndose así el interés en el tratamiento de sus masas y limitándolo solamente al aprovechamiento de biomasa o para trituración. No obstante, según Beltrán *et al.* (2011) su madera tiene el potencial suficiente como para ser utilizada en industrias de mayor requerimiento tecnológico, como son la de la madera para sierra y desarrollo o la del tablero contrachapado.

En un contexto de cambio climático en el que se hace necesaria una silvicultura activa que adapte los bosques a los cambios globales y donde el pino carrasco cumple un papel importante por su polivalencia y flexibilidad (Póveda, 2010), su potencial industrial podría ser usado como un buen incentivo para fomentar una gestión encaminada a aumentar su calidad y rendimiento productivo, al mismo tiempo que se mejora el valor paisajístico y ambiental.

En lo que se refiere al ámbito de la investigación, aunque el *Pinus halepensis* no presenta tantos estudios como otras especies de marcado carácter productor, se encuentra entre las diez primeras especies en cuanto a número de publicaciones (Ruiz, 2000). En la mayoría de los casos, se tratan

aspectos relacionados con las repoblaciones, su ecología, su respuesta a los incendios forestales o su silvicultura. En referencia a este último, existe bastante interés en el estudio de la capacidad productiva y el crecimiento de la especie, pudiendo destacar las tablas de producción de Montero *et al.* (2001) o los modelos de crecimiento propuestos por Trasobares *et al.* (2004) para la zona de Cataluña.

1.2. Antecedentes

En el año 2009, en el marco de un convenio de colaboración entre la Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge (a través de la empresa pública VAERSA) y la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, se inició un proyecto diseñado por el profesor Eduardo Rojas para estudiar la incidencia de la silvicultura sobre la dinámica estructural de masas coetáneas de *Pinus halepensis* (Póveda, 2010).

Por ello, se estableció una red de parcelas permanentes de investigación en los Montes de Utilidad Pública V154 “La Hunde y La Palomera” (Ayora, Valencia) y V099 “Mas de l’Ascle” (Alcalá de Xivert, Castellón), aprovechando que, al ser propiedad de la Generalitat Valenciana, se podría garantizar la continuidad del estudio y una mayor libertad en las actuaciones.

La ubicación de las parcelas se determinó teniendo en cuenta que se buscaban masas regulares, coetáneas, de calidad homogénea, extensas y con pocas alteraciones, y que a su vez se encontraran en zonas fácilmente accesibles y de orografía suave. Por otra parte, se intentó que las parcelas se localizaran en diferentes situaciones del monte para que la variabilidad del terreno y, por ende, las diferentes calidades de estación, quedaran representadas.

De este modo, en el “Mas del Ascle” se establecieron varias parcelas con tratamientos de clareo en una masa de regeneración natural post incendio en estado de monte bravo, y otras parcelas con tratamientos de claras en un latizal alto procedente de repoblación.

Por su parte, en el monte “La Hunde y La Palomera” se realizaron diferentes tipos de cortas sobre una masa en estado de fustal bajo y procedente de una repoblación realizada aproximadamente a finales de la década de los cincuenta. A pesar de que se procuró que en las masas seleccionadas no se hubiera realizado ninguna intervención anterior al proyecto, en estas parcelas sí se habían realizado clareos de “deshermanamiento”. No obstante, esto no significó un gran impedimento pues, aunque se redujo el número de pies a la mitad, al tratarse de una repoblación de al menos 2000 árboles por hectárea, la densidad al inicio del estudio seguía siendo excesiva (Póveda, 2010).

Finalmente, es importante destacar que, en el periodo de tiempo transcurrido desde estas primeras intervenciones hasta la actualidad, las parcelas del M.U.P. V154 se han visto afectadas por dos episodios fuertes de viento y nieve; uno en enero del 2010 y otro en el invierno del 2017. En ambos casos, todas las parcelas fueron revisadas tras las perturbaciones, anotándose y midiéndose los árboles dañados, muertos o derribados.

2. JUSTIFICACIÓN, OBJETIVOS Y LIMITACIONES

2.1. Justificación y objetivos

El presente trabajo, que ha sido financiado por el Fondo de Sostenibilidad de la UPV, se constituye como la continuación de una parte del estudio iniciado el 2009, pues se centra exclusivamente en las actuaciones realizadas en el M.U.P. V154 "La Hunde y La Palomera". Con esto se pretende obtener las primeras conclusiones que contribuyan a la mejora de la gestión selvícola de masas adultas de *Pinus halepensis* en la Comunidad Valenciana y en áreas vecinas.

Por ello, el objetivo principal de este proyecto es la evaluación del efecto que los distintos tratamientos aplicados han tenido sobre la masa, estableciendo una comparativa entre ellos que permita identificar los modelos más indicados para la especie. Además, con tal de garantizar la fiabilidad de los resultados durante toda la vida útil de las parcelas, es necesario ejecutar las segundas actuaciones selvícolas, siguiendo la misma metodología llevada a cabo en las primeras.

Por otra parte, aprovechando los daños producidos por los vendavales del 2010 y del 2017, también se pretende realizar un análisis de la estabilidad de la masa frente a perturbaciones y de cómo los diferentes tratamientos realizadas han influido sobre ella.

Con todo esto, para lograr estos objetivos generales es necesario cumplir los siguientes objetivos particulares:

- ❖ Diseño y ejecución del nuevo tratamiento de cortas preparatorias para iniciar la regeneración por aclareo sucesivo uniforme en los próximos años
- ❖ Análisis de los daños producidos por los vendavales y nevadas en cuanto a número de derribos y existencias afectadas
- ❖ Análisis de las diferencias entre tratamientos en cuanto a caracterización dasométrica (diámetros medios, alturas medias y dominantes, área basimétrica, existencias en volumen, esbeltez...) y estructura fitosociológica
- ❖ Análisis del efecto de cada tratamiento sobre el crecimiento de la masa y comparación con las tablas de producción de Montero *et al.* (2001)
- ❖ Evaluación de la regeneración y la cobertura de matorral en cada tratamiento
- ❖ Obtener información contrastada que sirva como base para la elaboración de modelos de gestión del *Pinus halepensis* en la Comunitat Valenciana, en similitud con otros ya existentes para otras zonas, como es el caso del proyecto ORGEST en Cataluña (Beltran *et al.*, 2011).

2.2. Limitaciones y corrección de errores

En primer lugar, en la primera fase del estudio, se fijó la edad de la masa en 60 años. Pero, tras barrenar varios árboles y contrastar la información con el agente forestal de la zona, se ha concluido que actualmente la masa está más próxima a los 60 años de edad que a los 70. Esto quiere decir que, en el 2009, la masa tenía en realidad 50 años y, por tanto, el diseño de las claras se hizo de manera errónea.

Por otra parte, tras comparar los datos tomados hace diez años con el inventario actual, se han detectado ciertas anomalías que ha sido necesario corregir para evitar que los resultados del estudio se vean afectados.

Así, se ha observado que en el primer inventario hay bastantes pies que en su momento no fueron marcados como ejemplares a cortar y que no están presentes en el inventario actual. Existen dos motivos que pueden justificar este hecho. De un lado, es posible que se cortaran a pesar de no estar marcados y no se comprobaran las cortas una vez finalizado el tratamiento.

De otro lado, también existe la posibilidad de fueran afectados por los vendavales del 2010 y, de nuevo, se pasaran por alto, o bien que fueran afectados por otras perturbaciones en años posteriores. No obstante, este último caso es poco probable pues, muchos de estos pies tenían diámetros superiores a los 20 cm en los primeros inventarios y no parece razonable pensar que se hayan degradado hasta el nivel de desaparecer por completo en menos de 10 años.

Puesto que no se conoce con certeza el motivo de esta diferencia, se ha optado por marcar estos árboles como apeados durante los tratamientos del 2009. De esta forma se evita el enmascaramiento de los resultados de los daños por viento del 2010, al adjudicarles derrumbes que en realidad pudieron no producirse.

También se ha detectado la situación contraria, es decir, que en algunas parcelas existen varios pies que en su momento se marcaron como árboles a apear pero que siguen presentes en los inventarios actuales. En este caso, se ha optado por modificar las tablas de datos del primer inventario, indicándolos como ejemplares a no cortar.

En base a esto, aunque no ha sido posible identificar a todos los individuos ni hacer coincidir totalmente los dos inventarios, se han recalculado las existencias posteriores a los tratamientos de 2009 y a los vendavales de 2010 tratando de asegurar que los datos actuales son lo más veraces posible.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Caracterización del área de estudio

3.1.1. Localización:

El inventario se ha realizado en el Monte de Utilidad Pública V154 "La Hunde y La Palomera", situado en el límite oeste del término municipal de Ayora. Este municipio forma parte del Valle de Cofrentes-Ayora, comarca del interior de la provincia de Valencia.

Las parcelas de experimentación se localizan en el borde noroeste del citado monte propiedad de la Generalitat Valenciana, muy próximas al límite administrativo con Albacete (Castilla La Mancha). Geográficamente, las coordenadas ETRS89 en grados sexagesimales del punto medio de la zona de estudio son 39º 7' 41" N; 1º 13' 32" W.

En el Anexo 1 se presenta el mapa de localización con las principales vías de comunicación y los municipios circundantes. El marcador rojo indica el emplazamiento de las parcelas.

3.1.2. Orografía y configuración del terreno:

La comarca del Valle de Cofrentes-Ayora es una zona de relieves tabulares en la que se combinan grandes muelas y sierras con llanuras, marcando desniveles de más de 700 m. Según Forteza *et al.* (1995) principalmente existen cinco unidades fisiográficas en la Comunidad Valenciana y, en base a esto, esta comarca forma parte de la unidad de altiplanos y valles encajados.

Esta unidad, presentada como la continuación de la llanura manchega que penetra en la provincia de Valencia, está caracterizada por dos altiplanos separados por el río Júcar; el altiplano de Requena-Utiel y el del Macizo del Caroig (1126 m). Este último está considerado como el punto de confluencia entre los Sistemas Ibérico y Bético, y es en sus estribaciones occidentales donde se abre la llanura del Valle de Ayora. (Forteza *et al.*, 1995).

El MUP nº 154 está localizado en la parte más montañosa del término de Ayora pues, a pesar de que en su mayoría presenta pendientes inferiores al 25%, cuenta con una altitud media de 972 m y con el punto más alto del término municipal; el pico Palomeras (1258 m) en la parte sur.

Como se ha comentado anteriormente, las parcelas presentan una altitud media de 793 m y se encuentran en el borde noroeste del monte, en el valle La Cañada de Arriba, de orientación Este-Oeste y que conecta directamente con la llanura de La Mancha. Además, cuentan con una orientación noreste hacia el interior del valle y hacia la sierra del Boquerón, situada justo en frente.

En cuanto a la fisiografía, en ningún caso las pendientes son superiores al 10% y el terreno presenta pocas irregularidades, a excepción de dos pequeños barrancos que cruzan por algunas de las parcelas.

3.1.3. Geología y edafología:

Según el Mapa Geológico de España, la zona en la que se ubican las parcelas está íntegramente formada por sedimentos cuaternarios de glaciares, que son depósitos de pie de ladera formados por la erosión de las calizas y dolomías cretácicas que componen las sierras cercanas (la sierra Palomera y la sierra del Boquerón). Por ser materiales detríticos sueltos con predominio del grano fino, presentan una permeabilidad media que va de los 10 cm/día a los 100 cm/día (Cendrero *et al.*, 1986).

El material parental influye, en gran medida, en el tipo de suelo que se desarrollará en un determinado ambiente. Así, según el Mapa de Suelos de la Comunidad Valenciana (Rubio *et al.*, 1997) y en base a nomenclatura de la FAO-UNESCO, el suelo presente en el área de estudio se incluye dentro del grupo de los calcisoles.

Su característica principal es la presencia de un horizonte de acumulación de carbonato cálcico subsuperficial o bien de un horizonte petrocálcico (horizonte cálcico continuo endurecido). Además, suelen estar dedicados al cultivo de secano y sus principales limitaciones son la erosión laminar, el exceso de carbonatos y la falta de espesor cuando presentan una costra calcárea próxima a la superficie (Rubio *et al.*, 1997; Forteza *et al.*, 1995).

Litológicamente hablando, los suelos de las parcelas están formados por arcillas, gravas y cantos, a excepción de las zonas de barranco, donde la textura es ligeramente más gruesa al componerse de arenas, gravas y cantos (COPUT, 1991).

3.1.4. Climatología:

Como no se dispone de información meteorológica actualizada y concreta de la zona de estudio, para la caracterización climática se han comparado los datos de cuatro estaciones meteorológicas próximas. Las fuentes utilizadas son la del SIAR, la del SIGA y la del CIF (Rivas-Martínez y Rivas-Saenz, 1996-2019). En la Tabla 1 se presenta la información básica de cada estación.

Tabla 1. Información de las estaciones analizadas. Fuente: SIAR (2019), CIF (1996-2019), SIGA (2019)

ESTACIÓN	EMPLAZAMIENTO	COORD. UTM (ETRS89 HUSO 30)	ALTITUD	SERIE DE DATOS	FUENTE
AB03 Almansa	Almansa (Albacete)	X: 664097 Y: 4307740	698 m	1999-2019 (20)	SIAR
Ayora	Ayora (Valencia)	X: 668702 Y: 4325984	641 m	1952-1969 (18)	CIF
Ayora-La Hunde	Ayora (Valencia)	X: 655688 Y: 4327566	960 m	1961-1993 (33)	SIGA
Ayora-Casa Honrubia	Ayora (Valencia)	X: 658720 Y: 4320225	781 m	1975-1989 (15)	SIGA

Las estaciones del CIF y el SIGA son las que más próximas están a la zona de estudio. No obstante, como las series de datos están desactualizadas, se han comparado con la información meteorológica de la estación de Almansa, que se encuentra a unos 25 km de las parcelas y cuenta con datos actuales. Puesto que no se han observado diferencias significativas entre unas estaciones y otras, se han tomado como datos de referencia los de la estación Ayora-La Hunde, que está en el mismo monte y a unos 5 km de distancia.

Como esta estación está 160 m más elevada que las parcelas, a los datos de temperatura y precipitación se les ha aplicado las correcciones propuestas por Gandullo (1994): disminución de 0,65°C en temperatura e incremento del 8% en precipitaciones por cada 100 m de subida en altitud.

Así, en la Tabla 2 se resumen los valores medios mensuales y anuales de temperaturas y precipitaciones, y en la Figura 1 se presenta el correspondiente diagrama ombrotérmico.

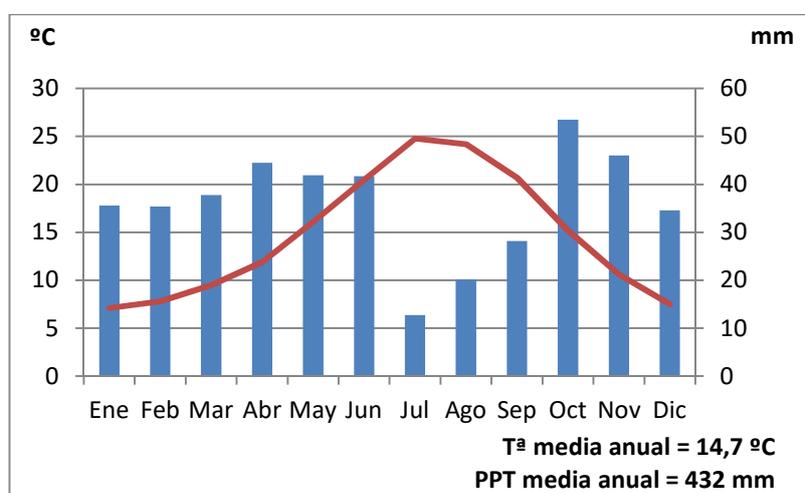


Figura 1. Diagrama ombrotérmico de Ayora-La Hunde

Tabla 2. Datos climáticos de Ayora-La Hunde. Fuente: SIGA (2019)

	Tª MEDIA MENSUAL (°C)	Tª MEDIA MÁXIMAS (°C)	Tª MEDIA MÁXIMAS ABSOLUTAS (°C)	Tª MEDIA MÍNIMAS (°C)	Tª MEDIA MÍNIMAS ABSOLUTAS (°C)	PPT MENSUAL (mm)
Enero	7,1	10,3	16,3	3,5	-1,6	35,6
Febrero	7,8	10,8	18,1	4,4	-1,5	35,4
Marzo	9,5	13,8	21,4	5,4	-0,4	37,8
Abril	11,9	16,8	23,7	7,1	1,9	44,5
Mayo	16,1	22,9	28,4	11	5,2	41,9
Junio	20,5	25,7	33,2	13,5	9,4	41,7
Julio	24,8	30,8	37,4	17,7	13,1	12,7
Agosto	24,2	30,7	36	17,1	13,3	20,1
Septiembre	20,7	25,4	32,4	14,7	10,4	28,2
Octubre	15,2	19,2	25,6	10,9	5,6	53,5
Noviembre	10,6	13,3	20,3	6,8	1,7	46
Diciembre	7,5	10,3	17	3,8	-1,4	34,6
ANUAL	14,7	18,2	25,8	9,7	2,6	432

En la Tabla 3 se muestra el valor de los principales índices bioclimáticos según el sistema de clasificación de Rivas-Martínez. Como se puede apreciar, la zona se incluye dentro del piso mesomediterráneo superior con ombrotipo seco inferior y, en cuanto al grado de continentalidad, pertenece al clima semiocéanico.

Tabla 3. Índices bioclimáticos según la clasificación de Rivas-Martínez

INDICE DE TERMICIDAD (It)	285
INDICE DE CONTINENTALIDAD (Ic)	17,7
INDICE OMBROTÉRMICO (Io)	2,5

Con todo esto, la región presenta un clima mediterráneo de transición en el que tanto la distancia al mar como la disposición del relieve montañoso reducen la influencia marítima del Mediterráneo y aumentan el efecto de la continentalidad. Las temperaturas medias anuales rondan los 14 °C, con máximas diarias de 30 °C en verano y mínimas de 2-3 °C en los meses de invierno. No obstante, no es extraño registrar máximos absolutos de 35-40 °C asociados a invasiones de aire cálido sahariano en la época estival, o valores bajo cero en invierno producidos por olas de frío.

Esta elevada amplitud térmica viene acompañada por heladas frecuentes, que se sitúan en torno a los 30 días anuales. También existe una probabilidad de nevadas de 1-2 días anuales, que se ven favorecidas por la mayor altitud a la que se encuentra la zona (Pérez, 1994).

En cuanto a las precipitaciones, con una media anual de 432 mm, están regularmente repartidas a lo largo de todo el año, a excepción del periodo de sequía estival. El efecto pantalla que la sierra Palomera y las otras elevaciones montañosas ejercen sobre los frentes fríos del noroeste combinado con situaciones de inestabilidad atmosférica, justifican este aumento del máximo secundario primaveral.

Además, es un sector bastante propicio a las tormentas entre los meses de mayo y septiembre, que en muchos casos vienen acompañadas de granizo y se originan por el ascenso por forzamiento orográfico y posterior enfriamiento del aire cálido de la meseta.

3.2. Caracterización de las parcelas

El estudio se ha realizado en una masa de *Pinus halepensis* de 60 años de edad procedente de repoblación y, por tanto, coetánea. En total hay establecidas 15 parcelas cuadradas de carácter permanente, cuyos vértices fueron marcados con hitos permanentes y georreferenciados durante la primera parte de este estudio. Además, en su momento también se numeraron y pintaron todos los pies de cada parcela.

Por otra parte, la superficie de las parcelas es de 0,49 ha (70x70 m) y todas cuentan con una zona de amortiguamiento de 10 m perimetrales en la que se ha seguido la misma metodología de marcaje de pies.

Tal y como se explicará en los siguientes apartados, se va a evaluar el efecto de 4 tipos de intervenciones selvícolas (clara por lo bajo débil, clara por lo bajo fuerte, huroneo y paso a irregular). Se aplica el mismo tratamiento cada tres parcelas, dejando otras tres sin ningún tipo de intervención como parcelas testigo.

En la Tabla 4 se presenta una relación de todas las parcelas con sus tratamientos, altitudes medias y coordenadas UTM (ETRS 89, huso 30N) de los puntos centrales. En el Anexo 1 se incluye un plano con la disposición de las parcelas sobre el terreno.

Tabla 4. Caracterización de las parcelas

TRATAMIENTO	PARCELA	COORD. X	COORD. Y	ALTITUD MEDIA
CLARA POR LO BAJO DÉBIL	4	653314	4332630	789 m
	5	653261	4332480	797 m
	8	653413	4332380	796 m
CLARA POR LO BAJO FUERTE	1	653164	4332480	797 m
	3	653221	4332650	790 m
	6	653363	4332510	793 m
HURONEO	7	653396	4332590	790 m
	11	653529	4332370	796 m
	12	653651	4332430	791 m
PASO A IRREGULAR	9	653441	4332470	792 m
	10	653563	4332460	792 m
	13	653614	4332340	795 m
TESTIGO	2	653191	4332560	794 m
	14	653478	4332550	788 m
	15	653283	4332560	793 m

3.3. Caracterización dasométrica de la masa

Para poder analizar el efecto de los tratamientos selvícolas, es necesario definir una serie de parámetros dasométricos fiables y de fácil medición. Estas variables deben caracterizar de la forma más objetiva posible la masa para que, tras contrastarlos en las diferentes parcelas, proporcionen información sobre la viabilidad de los tratamientos en cuanto a crecimiento de los pies y continuidad de la masa.

En general, son las variables de espesura y las variables del árbol dominante las que mejor describen cualquier masa forestal. Mientras que las primeras, entre otras representadas por el número de pies por hectárea y el área basimétrica por hectárea, condicionan el tipo de manejo, las segundas son un reflejo de la calidad de estación (Del Peso Taranco y Bravo Oviedo, 2004). No obstante, existen otros parámetros que también es conveniente tener en cuenta, como son las variables del árbol medio o las clases sociológicas de Kraft.

A continuación, se presentan los parámetros dasométricos utilizados para la caracterización de la masa junto con la metodología seguida para su obtención, que coincide con la establecida por Póveda (2010) a fin de poder efectuar las comparaciones con sus resultados.

- ❖ Densidad de la masa (N/ha): En pies/ha. Se define como la cantidad de pies vivos de diámetro normal superior a 7,5 cm presentes en cada parcela por hectárea. Se obtiene a partir de la siguiente fórmula (1):

$$N \left(\text{pies}/\text{ha} \right) = \frac{\sum \text{pies}}{S_{\text{parcela}}} * 10.000 \quad (1)$$

- ❖ Área basimétrica (AB o G): En m² o m²/ha. Se define como la superficie de la sección transversal del diámetro normal de un árbol o de todos los árboles por hectárea de una masa. Es un buen estimador de espesura si se combina con el diámetro dominante y con el diámetro cuadrático medio (González, 2005). Se calcula a partir de la siguiente expresión (2):

$$G(m^2) = \frac{\pi}{4} \sum_{i=1}^n (DAP(m))^2 \quad (2)$$

- ❖ Diámetro cuadrático medio (Dg): En cm. Se corresponde con el diámetro de área basimétrica media de cada parcela (G_m). Su fórmula de cálculo es la siguiente (3):

$$Dg(cm) = \sqrt{\frac{4 * G_m(cm^2)}{\pi}} \quad (3)$$

- ❖ Relación altura-diámetro (curva h-d): Esta relación entre el diámetro normal a 1,30 m y la altura total permite caracterizar la estructura de la masa y estimar la altura dominante y los volúmenes individuales y totales. Como entre las parcelas existe una marcada diferencia en cuanto a estado selvícola y calidad de estación, no es viable obtener una única ecuación altura-diámetro para toda la masa (Diéguez-Aranda *et al.*, 2005). Por ello, se ha obtenido una curva h-d para cada parcela, probando diferentes modelos curvilíneos incluidos en el programa Statgraphics Centurion XVII y seleccionado el de mejor ajuste. En el Anexo 2 se muestran las relaciones altura-diámetro resultantes para cada parcela.

- ❖ Altura media cuadrática (Hg): En m. Corresponde a la altura media de la masa y se determina a través de la curva altura-diámetro según el diámetro cuadrático medio. Esta altura también se corresponde con la del árbol de área basimétrica media.
- ❖ Diámetro dominante (Do): En cm. Siguiendo el criterio de Assman, se corresponde con el diámetro de los 100 pies más gruesos por hectárea. Se ha obtenido el diámetro dominante por parcela y, para ello, se ha calculado la media cuadrática de los diámetros de los 49 pies más gruesos de cada una.
- ❖ Altura dominante (Ho): En m. Siguiendo el criterio de Assman, la altura dominante se corresponde con la altura del árbol de sección normal media de los 100 pies más gruesos por hectárea. Se seleccionan los 49 pies más gruesos por parcela, y se calcula la media cuadrática de sus alturas. A fin de reducir el error en la estimación de la altura dominante debido al error de ajuste de la curva h-d (Bengoa, 1999), se han utilizado, cuando ha sido posible, las alturas reales de aquellos árboles que se habían medido en campo.
- ❖ Volumen con corteza (Vcc): En m³ o m³/ha. Se calcula a partir de la supertarifa de cubicación establecida por el Tercer Inventario Forestal Nacional (IFN3) para la provincia de Valencia. La tarifa se aplica individualmente para cada pie de la parcela, y posteriormente se suman estos volúmenes unitarios para obtener las existencias por parcela. La expresión de la supertarifa es la siguiente (4):

$$Vcc(dm^3) = 0.0010409 * DAP(mm)^{1.90943} * h(m)^{0.72076} \quad (4)$$

- ❖ Índice de esbeltez (h/d): En %. Es el cociente entre la altura total y el diámetro normal y puede estudiarse como variable individual o variable de masa. Es un indicador de estabilidad de tal forma que valores inferiores a 80 indican buena estabilidad, valores entre 81 y 100 inestabilidad y valores superiores a 100 representan altas inestabilidades (González, 2005). El índice de esbeltez medio de la parcela se corresponde con la media aritmética de los índices de esbeltez individuales de todos los pies (Del Río *et al.*, 1997). El índice de esbeltez individual se calcula a partir de la siguiente expresión (5):

$$h/d = \frac{h(m)}{DAP(cm)} * 100 \quad (5)$$

- ❖ Clase fitosociológica de Kraft: La clasificación sociológica de los individuos de una masa se establece en base a criterios de vitalidad, forma del árbol y estrato al que pertenece, y es importante a la hora de realizar tratamientos o podas (González, 2005). Se ha seguido la clasificación propuesta por Kraft para masas regulares, que define 5 categorías distintas: predominantes, dominantes, codominantes, dominados y sumergidos.
- ❖ Calidad de estación: Sabiendo que la altura dominante es un indicador preciso de la calidad de estación, al ser prácticamente independiente de las actuaciones que no afectan al estrato dominante, se puede hacer una estimación de la diferencia de calidad entre las parcelas. Así,

si para cada tratamiento se ordenan las alturas dominantes en orden creciente, será posible identificar aquellas parcelas con mejores calidades de estación.

- ❖ Volumen unitario del árbol medio: En m³/pie. Volumen correspondiente al árbol medio de una masa, calculado como el cociente entre las existencias en volumen de una masa y el número de pies que la componen.
- ❖ Crecimiento corriente anual (ica): En unidades de la variable/año. Es una expresión del crecimiento anual, que representa la tasa de variación de la variable considerada en un periodo de tiempo de la vida del árbol o de la masa (López, s. f.). Se calcula a partir de la siguiente expresión (6):

$$ica = \frac{M - m}{n} \quad (6)$$

Siendo **M** y **m** los valores de la variable considerada en el momento final e inicial respectivamente y **n** el periodo de tiempo transcurrido entre ambas mediciones.

- ❖ Crecimiento medio anual (ima): En unidades de la variable/año. Expresión del crecimiento anual que representa el crecimiento acumulado en relación con la edad. Se calcula a partir de la siguiente expresión (7):

$$ima = \frac{M}{EDAD} \quad (7)$$

Siendo **M**, en este caso, el valor total acumulado de la variable analizada en la edad considerada.

3.4. Diseño del inventario y trabajo de campo

3.4.1. Trabajo de campo previo:

Como paso previo a las mediciones, se ha procedido a la localización de los hitos que marcan las esquinas de cada parcela, reponiendo los rotos o los extraviados. Se ha utilizado un Navegador GPS para su replanteo.

3.4.2. Diseño de inventario:

El inventario se ha realizado en los meses de diciembre a junio del 2019. En cada parcela se han tomado datos de diámetros, alturas y regenerado. Además, se han clasificado por Kraft todos los pies y se ha realizado el marcaje de los individuos a cortar. A continuación, se presenta el procedimiento seguido en la medición de cada uno de estos parámetros, siempre en base a las pautas establecidas por Póveda (2010) en la primera fase del estudio.

- ❖ Medición de diámetros: Se han medido los diámetros a 1,30 m de la base o, lo que es lo mismo, los diámetros a la altura del pecho (DAP), de todos los pies numerados. Para ello se ha utilizado una cinta diamétrica de precisión milimétrica.

- ❖ Medición de alturas: Puesto que es inviable medir las alturas de todos los pies, se toma una muestra representativa de cada parcela lo suficientemente grande como para que sea posible ajustar la relación altura-diámetro con bastante fiabilidad. Según las indicaciones del CIFOR-INIA (Montero *et al.*, 2004), el tamaño total de la muestra ha sido de 30 pies.

Así, para garantizar que todas las clases diamétricas queden representadas, se ha diseñado un muestreo estratificado con afijación proporcional, tomando muestras de alturas en todas ellas, pero guardando la proporción con el número de pies que las componen. Los árboles han sido seleccionados aleatoriamente dentro de cada clase y a partir de los datos del inventario anterior. En el caso de que alguno de estos pies estuviera muerto, trasmochado o ausente, se ha escogido otro árbol con características similares para que lo sustituya.

Para el cálculo de la altura dominante, es importante que el error de estimación sea bajo en el tramo final de la curva altura-diámetro (Bengoa-Martínez, 1999). Por ello, para un mejor ajuste se han medido también las alturas de los 10 pies más gruesos.

Para las mediciones se ha utilizado un telémetro láser, el Nikon Laser Forestry Pro, capaz de medir distancias lineales, distancias horizontales, ángulos y alturas a partir de dos o tres puntos. El error relativo de muestreo cometido en las parcelas, en un muestreo estratificado para una muestra de 40 árboles y una probabilidad fiducial del 95% es en todos los casos inferior al 1,4% (ver Anexo 2).

- ❖ Clasificación sociológica de Kraft: Se han categorizado fitosociológicamente todos los pies numerados según la metodología propuesta por Kraft. Se han utilizado valores comprendidos entre 1 y 5, siendo 1 un árbol predominante, 2 un árbol dominante, 3 un codominante, 4 un dominado y 5 un árbol sumergido.
- ❖ Estado: Se ha evaluado el estado de los pies numerados anotando cualquier aspecto que deba ser tenido en cuenta a la hora de decidir los individuos que se van a cortar. Algunos ejemplos de anotaciones son copa trasmochada, copa amarillenta o inclinación excesiva. También se han identificado los árboles muertos, tanto los derribados como los muertos en pie, y se ha comprobado si ya estaban marcados como tal en las observaciones del 2009, 2010 y 2017.
- ❖ Marcaje de los pies a cortar: Al mismo tiempo que se ha realizado la clasificación de Kraft, se han marcado los pies a eliminar en función del tipo de tratamiento (tanto los pies numerados como los de la zona de amortiguación). Para ello se ha trazado una línea con pintura tipo *spray*, rodeando toda la sección del árbol para garantizar que sea visto desde cualquier posición.
- ❖ Medición del regenerado: Se ha muestreado un 4% de la superficie total en cada parcela de tratamiento. Por ello se ha diseñado un inventario sistemático tomando subparcelas de 8 m² (4x2 m). Se han establecido 24 subparcelas, colocando 12 en cada diagonal principal de la parcela de tratamiento y separándolas una distancia de 6 m aproximadamente. Con esta disposición se busca cubrir la mayor parte de la superficie de la forma más homogénea posible.

En cada subparcela se han contado todos los individuos, distinguiendo entre diseminado y regenerado establecido. Mientras que el diseminado hace referencia a aquellas plantas recién germinadas que no superan los 25 cm de altura y que no tienen la supervivencia garantizada, el regenerado establecido engloba todos los pies ramificados con alturas superiores que han superado el periodo crítico y tienen una mayor posibilidad de supervivencia (Bravo y Rodríguez-García, 2005; Palacio, 2017).

El regenerado establecido se ha clasificado en 5 intervalos de alturas: 25-50 cm, 50-75 cm, 75-100 cm, 100-130 cm y >130 cm. Al mismo tiempo, se ha hecho una estimación de la cobertura de matorral, anotando las principales especies presentes en cada subparcela y el porcentaje de superficie que ocupan.

3.4.3. Trabajo de campo posterior:

Una vez finalizados los trabajos de corta, realizados entre los meses de mayo y junio de 2019, se han repasado todas las parcelas para comprobar que los árboles apeados se corresponden con los que habían sido marcados en la fase de inventario, y, en caso de ser así, se han corregido los estadillos para ajustarlos a la realidad. Además, se ha repintado la numeración en aquellos individuos en los que estaba bastante degradada, a fin de garantizar su persistencia en el tiempo hasta la siguiente intervención en las parcelas.

3.5. Diseño de los tratamientos selvícolas

La masa en la que tienen lugar las intervenciones se corresponde con un fustal bajo de 60 años de edad. Se trata de una masa coetánea y regular, pues procede de una repoblación que se realizó aproximadamente a finales de los cincuenta.

Existen claros indicios de que en esta repoblación se realizaran clareos de “deshermanamiento” pues, al ser antigua, se plantaron varios pies en un mismo hueco, teniendo que hacer una selección posterior de los mejores pies “hermanos” para reducir las densidades excesivas (Póveda, 2010).

Por otra parte, aunque es una masa pura de *Pinus halepensis*, en varias de las parcelas es frecuente encontrar pies de *Pinus pinaster*, además de pequeños bosquetes de *Quercus ilex* o ejemplares aislados a lo largo de los bancales entre los antiguos campos de cultivo sobre los que se realizó la repoblación.

Si se tiene en cuenta que la zona de estudio no presenta las mejores condiciones para el desarrollo natural del *Pinus pinaster*, es lógico pensar que los ejemplares presentes se plantaron al mismo tiempo que los pies de *Pinus halepensis*. Estas repoblaciones tenían un marcado fin socioeconómico, con lo que los aspectos ecológicos quedaban relegados a una segunda prioridad (Hermoso, 2017). Por ello, como apenas existía control sobre el material de reproducción, es muy probable que en los lotes de pino carrasco utilizados hubiera también pino rodeno (E. Rojas, comunicación personal, 17 abril 2019).

No obstante, aunque en las parcelas todos los *Pinus pinaster* y los ejemplares más grandes de *Quercus ilex* están numerados, tanto en las primeras actuaciones como en las actuales, se ha intervenido exclusivamente sobre el estrato de *Pinus halepensis* (exceptuando la eliminación de los pinos resineros secos).

3.5.1. Síntesis de los tratamientos anteriores:

A modo de síntesis, los tratamientos de 2009 se basaron en las alternativas más razonables para aplicar en este tipo de masas, tan extensas en la Comunitat Valenciana. En concreto los métodos de corta aplicados fueron los siguientes:

- ❖ Clara por lo bajo débil basada en las Tablas de Producción de Montero *et al.* (2001)
- ❖ Clara por lo bajo fuerte basada en las Tablas de Producción de Montero *et al.* (2001)
- ❖ Transformación a irregular con el objetivo de conseguir un equilibrio de edades a lo largo del turno de transformación de 80 años
- ❖ Huroneo aplicando el diámetro mínimo de cortabilidad (23 cm), fijado por la Administración Forestal en la provincia de Valencia, pero evitando la generación de huecos excesivos

En cuanto a los resultados de las cortas, las diferencias entre los tratamientos fueron bastante importantes. Respecto a las claras por lo bajo, en la fuerte se extrajeron el doble de pies que en la débil, aunque el área basimétrica eliminada fue pequeña en ambos casos. Concretamente, en las claras bajas débiles se extrajeron el 14% de los pies correspondientes al 6,5% del área basimétrica y, en las claras bajas fuertes el porcentaje de pies extraídos ascendió al 25%, correspondiente con el 14% del área basal.

En las cortas de huroneo se extrajeron un 29% de los pies, que representaban un 40% del área basimétrica, mientras que en las intervenciones de transformación a irregular se cortaron más pies pero menos gruesos (al actuar también en el estrato dominado), cosa que se traduce en una menor área basal extraída (44% de pies extraídos que representan el 38% del área basimétrica).

En cuanto a las alturas, las claras bajas originaron un aumento de la altura media de la masa, pero no tuvieron ningún efecto en la altura dominante. Por su parte, en la intervención a irregular se produjo un aumento de la altura media, pero se redujo levemente la altura dominante al eliminarse algunos pies dominantes de mala calidad. Finalmente, en el huroneo se produjo tanto una reducción de la altura media como de la dominante.

Posteriormente, en el invierno del 2010 se produjeron importantes derribos como consecuencia de varios temporales de viento y nieve. Las parcelas de huroneo fueron las más afectadas pues se perdió el 19,1% de las existencias en volumen, correspondiente al 18% de los árboles remanentes tras las cortas. En la Tabla 5 se presenta los valores de los principales parámetros analizados para cada tratamiento después de los vendavales del 2010.

Tabla 5. Parámetros dasométricos por tratamiento después de los vendavales de 2010. Fuente: Póveda (2010)

	N	Dg	Hg	Ho	G	V	Esbeltez
	(Pies/ha)	(cm)	(m)	(m)	(m²/ha)	(m³/ha)	(%)
T	697	22,9	12,4	13,1	28,4	140,8	54
CBD	678	22,8	12,2	13,1	27,7	138,1	54
CBF	592	23,4	12,4	13,2	25,5	126,8	53
IRR	371	22,8	12,1	12,7	15,2	75,3	53
HUD	403	20,2	10,9	12,2	12,5	57,3	54

3.5.2. Modificación del tratamiento de clara baja débil (CBD):

Durante la fase de trabajo de campo se ha constatado la insignificante diferencia que existe entre el tratamiento de clara baja débil y el de clara baja fuerte. A pesar de que en la de mayor intensidad se extrajeron el doble de pies y un 9% más del área basimétrica, no se generó un espacio significativamente mayor al del tratamiento de menor intensidad. Es por ello que no existen diferencias importantes entre los dos tratamientos en cuanto a alturas dominantes, ni entre la intervención débil y las parcelas testigo en cuanto a diámetro medio. Los datos que justifican estas observaciones se mostrarán en el apartado de resultados y discusión.

Por otra parte, y a la vista de que la masa se encuentra a 20 años de la edad de turno (fijada en 80 años) se ha planteado la posibilidad de incluir un tratamiento de cortas de regeneración por aclareo sucesivo uniforme. Este método de cortas consta de tres fases; las cortas preparatorias (que se pueden obviar según el estado en el que se encuentre la masa), las cortas diseminatorias y las cortas finales.

En base a todo lo dicho, se ha considerado oportuno aplicar las cortas de regeneración en las parcelas en las que se practicó el tratamiento de clara baja débil (parcelas 4, 5 y 8). Se ha excluido la opción de establecer nuevas parcelas en zonas próximas porque, por las diferencias de edad y de calidad de estación, resulta muy complicado encontrar emplazamientos con condiciones similares a las de las ya existentes. Además, en el resto de la superficie del monte la Conselleria ha ido efectuando tratamientos ajenos a este estudio prácticamente imposibles de cuantificar y que alterarían la fiabilidad de los resultados.

Las cortas por aclareo sucesivo uniforme tienen como objetivo mejorar las condiciones ecológicas para fomentar el buen desarrollo del regenerado. Con la apertura paulatina del dosel de copas se facilita la descomposición de la materia orgánica del suelo, la expansión de copas de los árboles remanentes (por la mayor entrada de luz) o la introducción de un sotobosque umbrófilo menos competidor que el que aparecería con otros métodos más drásticos (González, 2005).

Por ello, el objetivo es iniciar unas cortas preparatorias que, en 10 años, den paso a las cortas diseminatorias y posteriormente a las finales, que se ultimarían en los siguientes 20 años, dando como resultado un turno medio de 80 años.

Las cortas preparatorias, buscan aumentar la fructificación y la estabilidad de los árboles padre, eliminar los pies de mala calidad y preparar el terreno para la germinación. Su ejecución es necesaria en este caso porque las parcelas seleccionadas se encuentran en unas condiciones inadecuadas para iniciar directamente la regeneración (densidades excesivas, un manto de acículas muy poco mineralizado y futuros árboles padre con vigorosidad insuficiente). (González, 2005).

La cantidad de pies a cortar en cada parcela se ha seleccionado en base a las tablas de producción de Montero *et al.* (2001), identificando su calidad de estación mediante la comparación de sus alturas dominantes con las que deberían tener a los 60 años. La parcela 4 se corresponde con la calidad 17 definida por Montero *et al.* (2001) y en ella se seguirá la tabla de producción correspondiente a las claras fuertes. En la parcela 5, aunque la altura dominante es levemente menor, se ha optado por hacer lo mismo que en la 4 pues es necesario reducir la excesiva densidad, y si se aplica la tabla de calidad 17 con cortas moderadas, la intervención resulta insuficiente.

Para la parcela 8, que presenta una altura dominante significativamente menor, se ha hecho una interpolación entre las calidades 17 y 14, pues su altura dominante no se ajusta a ninguna de las calidades propuestas. Se ha obtenido así, la calidad 15,5, en la que la altura dominante a los 60 años es aproximadamente 13,5 m.

Con esto, a partir de las densidades establecidas en cada tabla para la edad de turno (80 años), se ha obtenido el número de pies a cortar en cada parcela. Estos valores se recogen en la Tabla 6.

Tabla 6. Extracciones en las parcelas de cortas preparatorias. Fuente: Montero *et al.* (2001)

PARCELA	Ho (m)	TABLA PRODUCCIÓN	PIES A FINAL DE TURNO (pies/ha)	PIES A CORTAR (pies/ha)
4	14,7	Q17 (14,8 m a los 60 años) claras fuertes	408	302
5	14,3	Q17 (14,8 m a los 60 años) claras fuertes	408	257
8	13,4	Q15,5 (13,5 m a los 60 años) claras fuertes	520	45

3.5.3. Criterios de corta:

La selección de los individuos a cortar en cada parcela se ha realizado siguiendo la metodología planteada por Póveda (2010) (excepto para el caso de las cortas preparatorias). A continuación, se resumen los criterios de corta definidos para cada tratamiento.

❖ Testigo (T): Solamente se extraen los pies muertos o moribundos, contabilizados como mortalidad natural.

❖ Clara por lo bajo fuerte (CBF): Se eliminan todos los árboles de categoría 4 y 5 de Kraft y todos los de categoría 3, salvo que se genere un hueco excesivo. Los árboles de categoría 1 y 2 solo serán eliminados por motivos sanitarios, estén en excesiva densidad o sean de manifiesta baja calidad.

❖ Huroneo convencional (HUD): También conocido como apeo selectivo por diámetros, consiste en extraer los pies de mayor diámetro y calidad y dejando los peor conformados. La metodología seguida consiste en el apeo de los pies de DAP superior a 23 cm sin actuar sobre los árboles de menor diámetro. No obstante, en el caso de que se generen aperturas excesivas (más de 3 o 4 árboles dominantes seguidos), se dejará el árbol mejor ubicado y de mayor calidad.

❖ Transformación a irregular (IRR): Mediante claras de diferenciación (González, 2005) se van eliminando individuos de forma sistemática, atendiendo al criterio de calidad y de posición fitosociológica.

Se eliminan todos los árboles de categoría 4 y 5 y también los de categoría 3, salvo que sean de buena calidad y se apeen en su alrededor pies de categoría 1 o 2 excediendo el hueco conveniente. En el estrato dominante se eliminan los árboles 1 y 2 de mala calidad (a no ser que se genere un hueco excesivo) o en mal estado sanitario.

Sabiendo que el pino carrasco es una especie de mala regeneración en fracciones de cabida cubierta muy elevadas, en el caso de que queden densidades excesivas de pies 1 y 2, se eliminarán algunos siguiendo criterios de calidad y espaciamiento. Es importante conservar los mejores ejemplares para garantizar la calidad genética y la viabilidad del regenerado.

❖ Cortas preparatorias (CP): Teniendo en cuenta el número de pies a cortar definidos a partir de las tablas de producción de Montero *et al.* (2001), se eliminan todos los de categoría 4 y 5, así como los de categoría 3, a no ser que se sobrepase el número de apeos establecidos previamente. Si es necesario intervenir en los estratos dominantes, se hará una preselección de los más vigorosos y mejor posicionados identificándolos como posibles árboles padre, y se eliminarán los de categoría 1 y 2 de peor calidad que les puedan molestar. También se eliminarán todos los pies con algún problema sanitario.

3.6. Análisis estadístico

Haciendo uso del programa informático Microsoft Excel 2016, se han calculado los errores de muestreo y se han procesado los datos tomados en campo para la caracterización de cada una de las parcelas. Posteriormente, se han elaborado tablas y gráficos con el objetivo de plasmar de un modo claro y preciso los resultados obtenidos.

Por otra parte, para evaluar el crecimiento de la masa y el desarrollo del regenerado y del matorral en función del tipo de tratamiento, se ha llevado a cabo un análisis estadístico mediante el programa informático Statgraphics Centurion XVII.

Como primer paso, para realizar un análisis de la varianza (ANOVA), es necesario verificar que se cumplen las condiciones de homocedasticidad (homogeneidad de varianzas) y normalidad de los datos. Para ello, se han aplicado el test de Levene para la evaluación de la homocedasticidad y el test de Shapiro-Wilk para la normalidad. Como en ningún caso los tests han sido favorables, se ha optado por utilizar la prueba de Kruskal-Wallis, que tiene la misma función que ANOVA, pero compara las medianas en lugar de las medias.

El análisis se ha realizado fijando una significación de 0,05 de tal forma que, si se obtiene un valor superior, la hipótesis de igualdad de medianas se rechaza y se podrá decir que el factor o factores estudiados tienen una influencia significativa sobre los diferentes grupos de datos. Para determinar qué grupos son significativamente distintos, se ha empleado un contraste Post-Hoc siguiendo el método de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey.

Los resultados de todos los análisis estadísticos realizados se presentan en el Anexo 2.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Comparación de los derribos del 2017 con los derribos del 2010

Como bien se ha comentado, en enero del 2017 tuvo lugar un temporal de viento y nieve que provocó el derrumbe de numerosos árboles en las parcelas de estudio. Este suceso permite evaluar los cambios en estabilidad de la masa desde que se realizaron los primeros tratamientos. Por ello, se han comparado estos derribos con los que se produjeron el 2010.

Para que estas comparaciones tengan fiabilidad, se han calculado las existencias de los derribos del 2017 con los datos del inventario del 2009. Aunque cuando se comprobaron los daños se midieron los diámetros y las alturas de los árboles derribados, no tendría sentido calcular las pérdidas con estos datos porque, al compararlas con las del 2010, los resultados reales quedarían enmascarados por las diferencias debidas al crecimiento de los pies en esos 7 años.

Dicho esto, en las Tablas 7 y 8 se presentan los parámetros medios por tratamiento de la masa derribada en los temporales del 2017 y del 2010 respectivamente. La Figura 2 representa el número medio de árboles derribados por tratamiento y año y la Figura 3 indica lo mismo, pero para las existencias en volumen. En ambos casos, se muestran los porcentajes respecto a las existencias previas a los derribos.

Tabla 7. Parámetros de la masa derribada en el vendaval de 2017 por tratamiento

	POST-DERRIBOS 2010				DERRIBOS 2017							
	N	Dg	AB	V	N	Dg	AB	V	N	Dg	AB	V
	pies/ha	cm	m ² /ha	m ³ /ha	pies/ha	%	cm	m ² /ha	%	m ³ /ha	%	
TEST	697	22,94	28,44	140,77	20	3,0%	18,11	0,52	2,0%	2,50	1,8%	
CBD	678	22,76	27,72	138,08	12	1,8%	19,35	0,35	1,3%	1,70	1,2%	
CBF	592	23,44	25,47	126,81	16	2,6%	20,57	0,51	2,0%	2,51	2,0%	
IRR	371	22,80	15,23	75,32	13	3,6%	18,81	0,35	3%	1,77	2,5%	
HUR	403	20,20	12,49	57,34	8	2,1%	16,65	0,17	1,4%	0,77	1,4%	

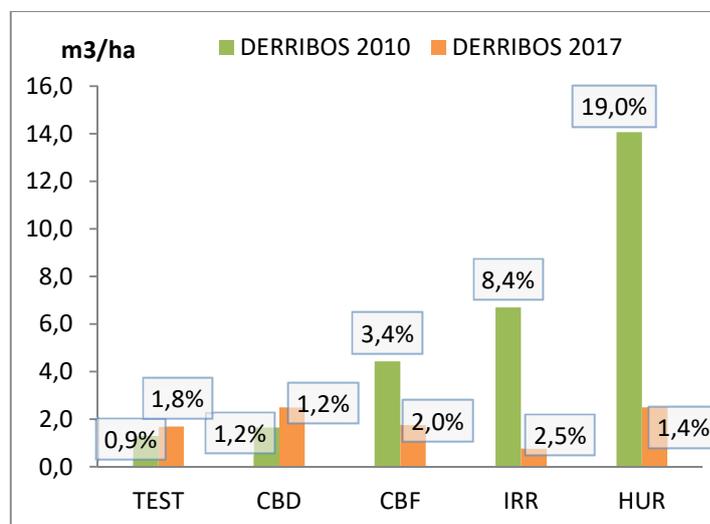
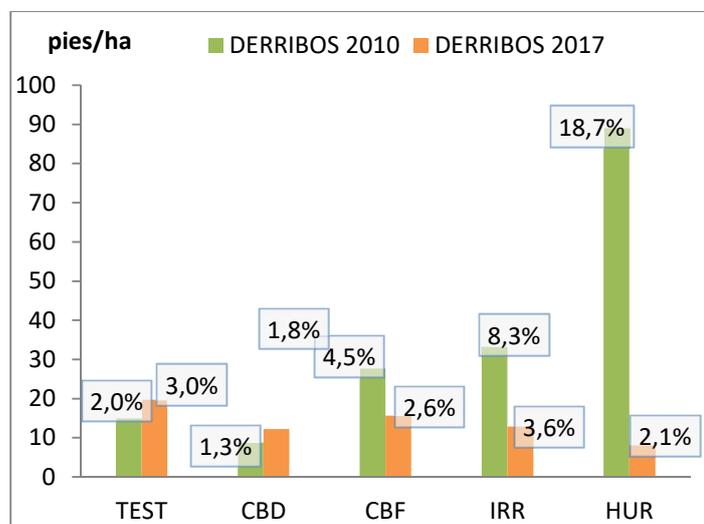


Figura 2. Número de pies por hectárea derribados por los vendavales

Figura 3. Volumen por hectárea derribado por los vendavales

Particularizando primero en los daños producidos en 2017, se aprecia que no existen diferencias significativas entre tratamientos, pues en todos los casos los derribos oscilan entre el 2 y el 3% de los pies respecto a las existencias previas. Aunque el tratamiento de paso a irregular es el que presenta el mayor porcentaje, las diferencias son tan leves que no se puede garantizar que exista una relación causa-efecto entre el nivel de daño y el tipo de tratamiento.

Por otra parte, los pies afectados en las parcelas de huroneo presentan unas dimensiones menores a los del resto de tratamientos. En las intervenciones del 2009, se cortaron los mejores ejemplares, dejando principalmente árboles dominados y de peor calidad. Como en edades

avanzadas la capacidad de respuesta a las cortas es menor (García-Güernes y Calama, 2015), el vendaval afectó principalmente a aquellos individuos que no fueron capaces de mejorar su estabilidad (incrementando su crecimiento diametral y reduciendo su esbeltez), al llevar demasiado tiempo formando parte del estrato dominado.

Tabla 8. Parámetros de la masa derribada en el vendaval de 2010 por tratamiento

	POST-TRATAMIENTOS 2009				DERRIBOS 2010							
	N	Dg	AB	V	N	%	Dg	AB	%	V	%	
	pies/ha	cm	m ² /ha	m ³ /ha	pies/ha	%	cm	m ² /ha	%	m ³ /ha	%	
TEST	712	22,82	28,72	142,09	15	2,0%	15,94	0,28	1,0%	1,32	0,9%	
CBD	686	22,75	28,05	139,74	9	1,3%	21,07	0,33	1,2%	1,66	1,2%	
CBF	620	23,32	26,38	131,24	28	4,5%	20,66	0,91	3,5%	4,44	3,4%	
IRR	405	22,81	16,59	82,03	33	8,3%	22,88	1,35	8,3%	6,71	8,4%	
HUR	493	20,24	15,42	71,41	89	18,7%	20,09	2,92	18,9%	14,07	19,0%	

Pasando a comparar estos resultados con los del 2010, a partir de la Tabla 8 y las Figuras 2 y 3, se observa que los daños producidos por el temporal del 2010 fueron mucho más graves que los del 2017.

Las intervenciones del 2009 provocaron una inestabilidad transitoria en la masa ya que, con la apertura del dosel de copas, la capacidad de resistencia de los árboles pasó de depender de la estabilidad conjunta del grupo, a depender de su propia estabilidad individual.

Al abrir una masa, los pies reaccionan a la mayor exposición al viento incrementando el crecimiento diametral y reduciendo el crecimiento en altura o, lo que es lo mismo, reduciendo su índice de esbeltez y aumentando el área basal (Cameron, 2002). No obstante, es necesario que pasen varios años tras las cortas para lograrlo y, como los vendavales se produjeron al año siguiente, cuando la masa todavía estaba bastante debilitada, los daños causados fueron considerables, sobre todo en los tratamientos de mayor peso.

Las menores pérdidas del vendaval del 2017 son un claro indicio del efecto positivo que los tratamientos, vistos de un modo general, han tenido sobre la masa. Posiblemente 8 años desde las primeras actuaciones han sido suficientes como para mejorar la estabilidad media individual de la masa, reduciendo su susceptibilidad a los derribos.

De hecho, tanto en el tratamiento de clara baja débil, en el que el peso de las extracciones fue muy bajo, como en las parcelas testigo, no existen diferencias significativas entre el número de derribos del 2010 y del 2017. Puesto que en estos casos apenas se modificó el espaciamiento medio, tampoco hubo cambios relevantes en cuanto a esbeltez y área basimétrica, con lo que la susceptibilidad de los árboles de estas parcelas a los derribos fue prácticamente la misma en un momento que en otro.

El menor número de derribos ocurridos en estas parcelas se justifica por el efecto protector de la masa a nivel de colectivo, y del que todos los árboles se benefician. A pesar de tener índices de esbeltez mayores, la elevada densidad de individuos dificulta la circulación del aire, reduciendo la magnitud de la fuerza ejercida por el viento sobre los árboles (Martín *et al.*, 2009).

4.2. Resultados de los tratamientos selvícolas

Las diferencias entre los resultados de los tratamientos vienen determinadas por el número de pies eliminados y por el estrato sobre el que se ha actuado. Aun así, es necesario recordar que los datos se han visto, en cierto modo, alterados por los errores cometidos durante el proceso de apeo. Las consecuencias de estas equivocaciones se reflejan sobre todo en las parcelas testigo, pues se han cortado individuos que no estaban ni muertos ni moribundos.

Teniendo esto en consideración, en la Tabla 9 se muestran los principales parámetros dasométricos para cada tipo de tratamiento, antes y después de las intervenciones. Por su parte, en la Figura 4 se indican en número de pies por hectárea extraídos frente a la cantidad remanente y en la Figura 5 se presentan las extracciones en volumen frente a las existencias finales. En ambos gráficos se indican los porcentajes extraídos respecto a las existencias iniciales.

Tabla 9. Parámetros de la masa antes y después del tratamiento

	MASA PREVIA 2019							MASA CORTADA 2019					MASA REMANENTE 2019						
	N	Dg	Hg	Ho	AB	V	h/d	N	Dg	AB	V	N	Dg	Hg	Ho	AB	V	h/d	
	pies/ha	cm	m	m	m ² /ha	m ³ /ha	-	pies/ha	% pies	cm	m ² /ha	m ³ /ha	pies/ha	cm	m	m	m ² /ha	m ³ /ha	-
TEST	629	25,42	13,59	14,66	31,48	165,66	56,49	33	6	13,00	1,14	6,06	596	25,70	13,63	14,66	30,34	159,59	55,86
CBF	569	26,32	13,19	14,20	30,84	159,30	51,50	92	16	22,15	3,51	17,60	477	27,05	13,32	14,20	27,32	141,69	50,40
CP	647	25,50	12,96	14,16	33,15	170,42	52,43	202	30	21,89	7,76	39,53	445	27,07	13,21	14,16	25,39	130,89	48,83
IRR	346	27,52	12,75	13,93	20,61	104,62	48,20	141	41	23,71	6,28	31,02	205	29,90	13,19	13,92	14,34	73,60	45,16
HUR	371	24,96	11,73	12,66	17,15	81,70	49,99	150	43	26,55	8,15	39,41	221	23,88	11,56	12,07	9,00	42,29	52,65

De este modo, en las claras bajas fuertes, se ha eliminado un 16% de los pies correspondiente al 11% del área basimétrica. Partiendo de la base de que con esta intervención solamente se han cortado los peores ejemplares, sin intervenir en el estrato dominante, el volumen residual asciende al 89%. Es por ello que, tras las actuaciones, la altura dominante en estas parcelas no se ha visto afectada y la altura media ha mejorado ligeramente.

En cuanto a las cortas, mientras que en la transformación a irregular se ha eliminado el 41% de los pies, que representa el 31% del área basimétrica, en el huroneo se han extraído el 43% de los individuos correspondientes al 48% del área basal. A pesar de que la cantidad de árboles cortados es similar en ambos casos, el volumen extraído es significativamente mayor en el huroneo. Esto se justifica por el hecho de que en irregular se han eliminado los peores pies, tanto del estrato dominante como del dominado, y en huroneo mayoritariamente se ha actuado sobre el estrato dominante, al quitar los ejemplares más gruesos.

Con la intervención de transformación a irregular se ha incrementado la altura media y, al haberse actuado sobre el estrato dominante, la altura dominante ha disminuido. No obstante, este cambio ha sido muy leve puesto que los árboles apeados del estrato dominante se correspondían con individuos de baja calidad.

Por su parte, la selección negativa llevada a cabo en las parcelas de huroneo ha reducido la calidad de la masa ya que tanto la altura media como el índice de esbeltez han empeorado. Además,

al haberse eliminado los individuos más gruesos del estrato dominante, sí ha habido una reducción significativa de la altura dominante.

Finalmente, en cuanto a las cortas preparatorias, se ha eliminado un 30% de los pies correspondientes con el 22% del área basimétrica y con el 22% de las existencias en volumen respecto de las iniciales. Como el objetivo de estas intervenciones es mejorar la vigorosidad y facilitar la fructificación, se han eliminado los peores ejemplares, incrementándose considerablemente la altura media y reduciéndose el índice de esbeltez. Al igual que en el tratamiento de irregular, como del estrato dominante solamente se han extraído los individuos menos viables, la altura dominante no se ha visto alterada.

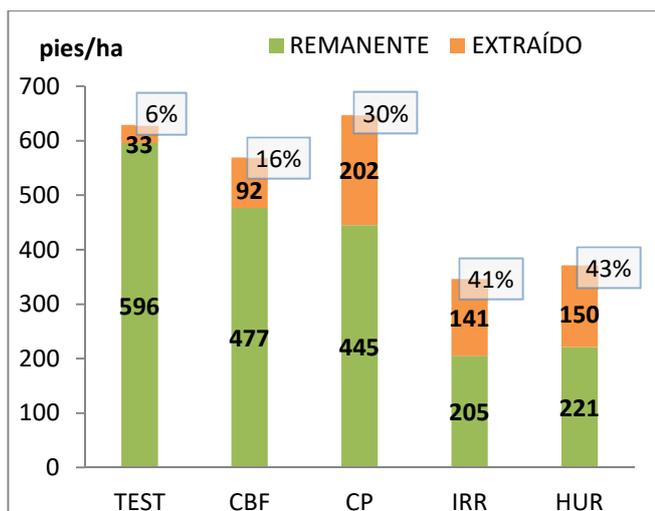


Figura 4. Variación en la densidad de pies por tratamiento

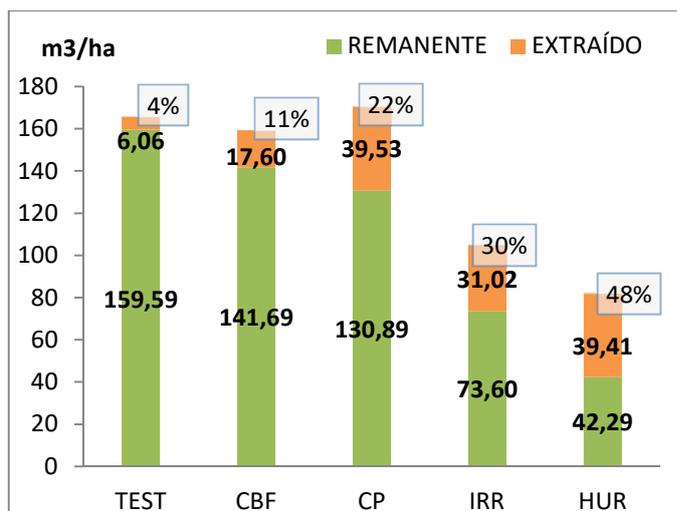


Figura 5. Variación en volumen por tratamiento

Por lo que respecta a la clasificación fitosociológica, en la Figura 6 se muestra la distribución por clases de Kraft en la masa previa y posterior a las cortas, así como los porcentajes de pies extraídos correspondientes a cada clase.

Como se puede observar, en el tratamiento de clara baja fuerte no se ha actuado sobre el estrato dominante. Se han eliminado todos los pies sumergidos y dominados y un 24% de los codominantes. En el caso de la transformación a irregular, se ha actuado exclusivamente sobre el estrato de los dominados y los codominantes, aunque también se han cortado los peores ejemplares de la categoría de los dominantes.

Por su parte, en las cortas preparatorias se ha procedido de un modo similar al tratamiento de paso a irregular, aunque en este caso la intervención sobre el estrato dominante ha sido mayor (se ha retirado el 10% de los árboles de categoría 2 frente al 5% retirado en la transformación a irregular). Además, al tratarse de unas parcelas procedentes de tratamientos de claras bajas débiles, el número de pies dominados es levemente mayor al de las parcelas de clara baja fuerte y transformación a irregular.

En lo referente al huroneo, es el único tratamiento en el que se han dejado pies del estrato dominado y se ha actuado sobre los predominantes. No obstante, el grueso de las intervenciones ha tenido lugar en el estrato de los dominantes, donde se ha extraído un 63% de los individuos.

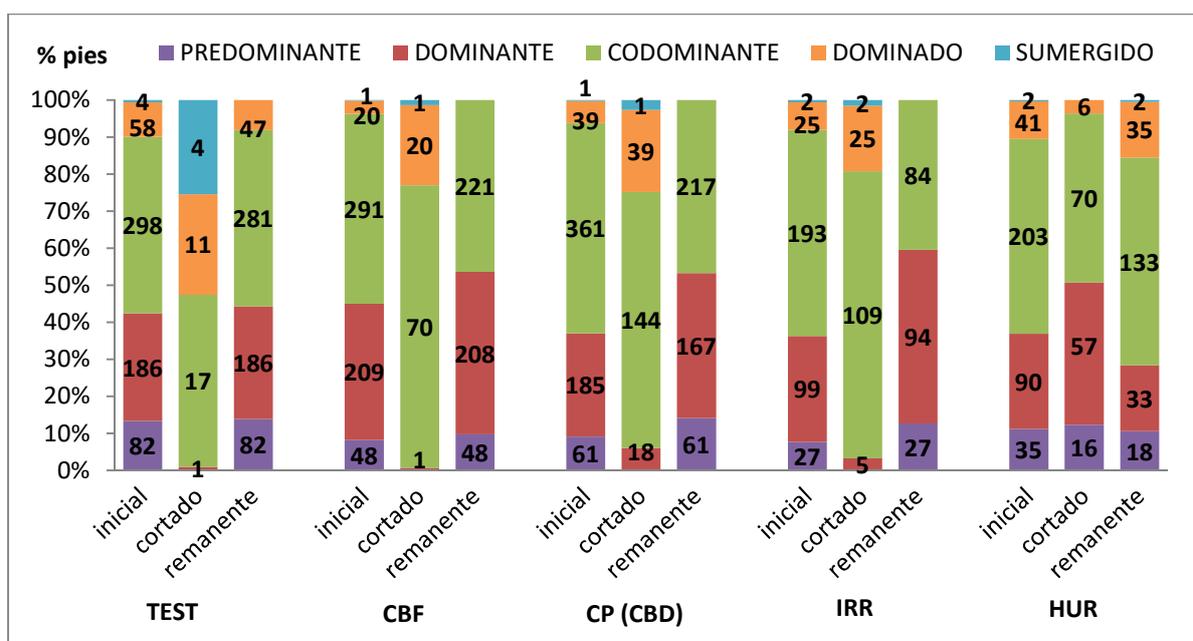


Figura 6. Distribución fitosociológica de la masa previa y posterior a las intervenciones

Finalmente, en cuanto a la estabilidad media de la masa, como tanto antes como después de las cortas el índice de esbeltez es inferior a 80 en todos los tratamientos, se puede afirmar que, de un modo general, la masa presenta una buena estabilidad.

Si se comparan los índices de esbeltez entre los diferentes tratamientos, las parcelas testigo son las que presentan los peores valores, ya que las elevadas densidades impiden que los árboles aumenten en diámetro, compensando el crecimiento en altura. En el huroneo, la esbeltez es mayor tras las cortas al no haberse cortado los árboles más débiles, por lo que, teniendo en cuenta la excesiva apertura de la masa en estas parcelas, el riesgo de derribos será mayor que en el resto.

Con las cortas preparatorias, la transformación a irregular y las claras bajas fuertes la estabilidad mejora, sobre todo en las cortas preparatorias, pues se partía de una masa bastante más cerrada. La mejora en la transformación a irregular también es relevante y no lo es tanto en el caso de la clara baja fuerte.

4.3. Evolución y crecimiento de la masa

4.3.1. Efectos sobre la producción y las características del árbol medio:

Los principales factores que influyen en el crecimiento (tanto a nivel de árbol como a nivel de rodal) son la edad, la especie, la calidad de estación y la espesura (Clutter *et al.*, 1983). De todos ellos, el más fácilmente controlable y sobre el que se puede actuar directamente es la espesura. Así, aplicando un manejo selvícola adecuado es posible mejorar significativamente el desarrollo de una masa y aumentar su productividad.

Dicho esto, en la Tabla 10 se presentan las medias por tratamiento de los crecimientos medios anuales y los volúmenes unitarios del árbol medio para 2009 (calculados a partir de los datos previos a las cortas de 2009) y para 2019 (calculados a partir del volumen total acumulado en 2019). También se incluyen los crecimientos corrientes anuales, obtenidos a partir de los datos de la masa antes de las cortas del 2019 y de los datos posteriores a las cortas de 2009 (detrayendo los derribos

de 2010 y 2017 y las muertes naturales). Los datos utilizados para los cálculos están recogidos en la Tabla 11, que incluye una síntesis del total de resultados del estudio, desde que se inició en 2009 hasta las cortas actuales.

Tabla 10. Valores promedio de crecimientos medios anuales, crecimientos corrientes anuales y volúmenes unitarios del árbol medio por tratamiento

	CRECIMIENTOS MEDIOS ANUALES 2009 (50 años)				CRECIMIENTOS MEDIOS ANUALES 2019 (60 años)				CRECIMIENTOS CORRIENTES ANUALES				V. UNITARIO ÁRBOL MEDIO	
	ima Dg	ima Hg	ima AB	ima V	ima Dg	ima Hg	ima AB	ima V	ica Dg	ica Hg	ica AB	ica V	2009	2019
	cm/año	m/año	m2/ha-año	m3/ha-año	cm/año	m/año	m2/ha-año	m3/ha-año	cm/año	m/año	m2/ha-año	m3/ha-año	m3/pie	m3/pie
TEST	0,45	0,25	0,58	2,85	0,42	0,23	0,55	2,88	0,20	0,11	0,42	3,04	0,198	0,26
CBD	0,44	0,24	0,60	2,99	0,43	0,22	0,61	3,09	0,25	0,07	0,62	3,62	0,187	0,26
CBF	0,43	0,24	0,61	3,03	0,44	0,22	0,61	3,12	0,28	0,08	0,61	3,61	0,183	0,28
IRR	0,43	0,24	0,53	2,62	0,46	0,21	0,54	2,72	0,46	0,07	0,58	3,14	0,182	0,30
HUR	0,44	0,22	0,52	2,46	0,42	0,20	0,52	2,51	0,46	0,08	0,50	2,57	0,176	0,22

En primer lugar, en la Tabla 10 se puede apreciar que los crecimientos medios anuales antes de las cortas de 2009 son prácticamente los mismos en todos los tratamientos, algo lógico si se tiene en cuenta que se trataba de una masa regular y coetánea prácticamente no intervenida. Aun así, es probable que las pocas diferencias existentes sean debidas a las cortas de “deshermanamiento” realizadas antes del inicio del estudio que, aunque fueron poco importantes, pudieron ser más intensas en unas zonas que en otras, alterando el valor de las densidades iniciales de unos tratamientos respecto a otros.

Tras comparar estos crecimientos medios con los de 2019, se observa que se han mantenido prácticamente constantes en todos los tratamientos. Así, en base a estos datos, no es posible determinar en qué punto de la curva de crecimiento medio se encuentra la masa ya que, teniendo en cuenta que es un parámetro que varía más lentamente, los 10 años transcurridos no habrán sido suficientes como para que tenga un incremento significativo.

Sí se pueden extraer más conclusiones al comparar los crecimientos corrientes anuales con los crecimientos medios del 2019. Centrándose solamente en el tratamiento testigo que, al no haber sufrido ninguna intervención, refleja la evolución natural de la masa, se observa que en todas las variables excepto en el volumen el crecimiento corriente es inferior al crecimiento medio. De esto se deduce que la masa ya ha alcanzado la edad de máximo crecimiento medio anual en área basimétrica, altura media y diámetro medio.

Especialmente destaca el caso de la altura media, pues el crecimiento corriente es considerablemente más pequeño en esta variable que en el resto y, además, ocurre lo mismo en todos los tratamientos por igual, no solo en el testigo. Es un resultado lógico ya que, al tratarse de una especie de luz, el pino carrasco culmina mucho antes sus crecimientos en altura, y la disminución de su crecimiento corriente se va acentuando cada vez más con la edad (González, 2005).

Tabla 11. Síntesis del total de resultados desde el inicio del estudio hasta la actualidad (2009-2019)

	MASA PREVIA 2009						MASA CORTADA 2009						MASA REMANENTE 2009						DERRIBOS 2010						POST-DERRIBOS 2010					
	N	Dg	Hg	Ho	AB	V	Pies/ha	N	%	Dg	AB	V	N	Dg	Hg	Ho	AB	V	N	%	Dg	AB	V	N	Dg	Hg	Ho	AB	V	
	Pies/ha	cm	m	m	m2/ha	m3/ha	Pies/ha		cm	m2/ha	m3/ha	Pies/ha	cm	m	m	m2/ha	m3/ha	Pies/ha	%	cm	m2/ha	m3/ha	Pies/ha	cm	m	m	m2/ha	m3/ha		
2	876	20,86	11,37	12,46	29,91	143,14	0	-	-	0	0	-	867	20,91	11,39	12,46	29,79	142,59	22	2,59	12,91	0,29	1,32	0,92	845	21,08	11,43	12,46	29,50	141,28
14	639	23,31	12,20	12,70	27,26	130,06	0	-	-	0	0	-	635	23,36	12,21	12,70	27,21	129,83	12	1,93	14,93	0,21	0,97	0,75	622	23,50	12,24	12,70	26,99	128,86
15	647	24,02	13,48	14,26	29,33	154,76	0	-	-	0	0	-	635	24,18	13,51	14,26	29,15	153,85	10	1,61	20,00	0,32	1,67	1,08	624	24,24	13,51	14,26	28,83	152,19
TEST	720	22,73	12,35	13,14	28,83	142,65	0	-	-	0	0	-	712	22,82	12,37	13,14	28,71	142,09	15	2,04	15,94	0,28	1,32	0,92	697	22,94	12,39	13,14	28,44	140,77
4	857	22,05	12,58	13,60	32,73	166,01	122	14,29	15,79	2,40	11,71	7,05	735	22,93	12,74	13,60	30,33	154,31	10	1,39	24,75	0,49	2,58	1,67	724	22,90	12,74	13,58	29,84	151,72
5	790	22,83	12,80	13,77	32,34	165,52	69	8,79	14,29	1,11	5,33	3,22	720	23,49	12,92	13,77	31,23	160,19	6	0,85	17,27	0,14	0,70	0,44	714	23,54	12,93	13,77	31,09	159,49
8	749	20,70	10,88	12,03	25,21	116,33	145	19,35	15,22	2,64	11,60	9,97	604	21,82	11,08	12,03	22,58	104,73	10	1,69	21,18	0,36	1,69	1,61	594	21,83	11,08	12,02	22,22	103,04
CBD/CP	799	21,86	12,09	13,14	30,10	149,29	112	14,14	15,10	2,05	9,55	6,75	686	22,75	12,25	13,14	28,05	139,74	9	1,31	21,06	0,33	1,66	1,24	678	22,76	12,25	13,12	27,72	138,08
1	804	21,14	11,44	12,89	28,22	135,50	196	24,37	14,96	3,45	15,36	11,34	608	22,77	11,84	12,89	24,77	120,14	39	6,38	19,50	1,16	5,51	4,58	569	22,98	11,88	12,88	23,62	114,64
3	927	21,62	12,62	13,45	34,00	172,73	229	24,67	16,88	5,12	25,42	14,72	698	22,96	12,81	13,46	28,89	147,31	29	4,09	20,51	0,94	4,79	3,25	669	23,05	12,82	13,46	27,94	142,51
6	747	22,48	11,99	13,26	29,64	145,59	194	25,96	16,54	4,17	19,31	13,27	553	24,22	12,33	13,26	25,47	126,28	16	2,95	21,98	0,62	3,01	2,38	537	24,28	12,35	13,26	24,85	123,27
CBF	826	21,74	12,02	13,20	30,62	151,27	206	25,00	16,13	4,24	20,03	13,11	620	23,32	12,33	13,20	26,38	131,24	28	4,97	20,66	0,91	4,44	3,41	592	23,44	12,35	13,20	25,47	126,81
9	692	22,77	12,73	13,40	28,17	142,56	335	48,38	22,06	12,79	64,66	45,36	357	23,42	12,80	13,21	15,38	77,90	27	7,43	23,79	1,18	6,02	7,73	331	23,39	12,80	13,20	14,20	71,88
10	749	20,32	11,15	12,52	24,30	114,22	347	46,32	19,01	9,84	45,39	39,74	402	21,40	11,47	12,48	14,46	68,83	41	10,15	21,62	1,50	7,18	10,43	361	21,37	11,47	12,48	12,96	61,65
13	720	22,08	11,70	12,70	27,60	136,13	265	36,83	19,19	7,67	36,77	27,01	455	23,61	11,95	12,36	19,93	99,36	33	7,17	23,24	1,38	6,93	6,97	422	23,64	11,95	12,37	18,54	92,43
IRR	720	21,73	11,86	12,87	26,69	130,97	316	43,84	20,08	10,10	48,94	37,37	405	22,81	12,07	12,69	16,59	82,03	33	8,25	22,88	1,35	6,71	8,38	371	22,80	12,07	12,68	15,23	75,32
7	794	22,14	11,98	13,48	30,56	151,81	288	36,25	25,32	14,49	72,91	48,03	506	20,11	11,64	12,84	16,07	78,90	157	31,05	20,50	5,19	25,74	32,63	349	19,93	11,62	12,80	10,89	53,16
11	773	19,72	9,75	10,92	23,61	101,34	161	20,84	24,20	7,42	33,02	32,59	612	18,35	9,47	10,25	16,20	68,32	49	8,00	17,37	1,16	4,93	7,21	563	18,44	9,49	10,24	15,04	63,39
12	533	23,91	11,99	13,51	23,91	115,56	173	32,57	27,01	9,94	48,54	42,00	359	22,26	11,73	13,42	13,97	67,02	61	17,05	22,41	2,41	11,55	17,24	298	22,22	11,72	13,43	11,56	55,47
HUD	700	21,92	11,24	12,64	26,03	122,91	207	29,89	25,51	10,61	51,49	40,87	493	20,24	10,95	12,17	15,41	71,41	89	18,70	20,09	2,92	14,07	19,03	403	20,20	10,94	12,16	12,49	57,34

	DERRIBOS 2017						MUERTES NATURALES 2017-2019						MASA PREVIA 2019						MASA CORTADA 2019						MASA REMANENTE 2019						VOLUMEN TOTAL					
	N	Dg	AB	V			N	Dg	AB	V			N	Dg	Hg	Ho	AB	V	N	%	Dg	AB	V	N	%	Dg	AB	V	N	Dg	Hg	Ho	AB	V	EXTRAÍDO	ACUMULADO
	Pies/ha	cm	m	m	m2/ha	m3/ha	Pies/ha	cm	m2/ha	m3/ha	Pies/ha	cm	m	m	m2/ha	m3/ha	Pies/ha	%	cm	m2/ha	m3/ha	Pies/ha	%	cm	m2/ha	m3/ha	Pies/ha	cm	m	m	m2/ha	m3/ha	m3/ha	m3/ha	m3/ha-año	
2	14	1,69	15,21	0,26	2,60	1,84	35	14,85	0,60	2,77	776	23,76	12,49	13,73	34,38	172,19	20	2,63	18,70	0,56	2,70	1,57	755	23,88	12,52	13,73	33,82	169,49	9,38	178,88	2,98					
14	35	5,57	18,94	0,98	2,60	2,01	43	15,68	0,83	3,80	531	26,46	14,50	15,52	29,18	160,56	71	13,46	0,00	2,67	14,47	9,01	459	27,11	14,58	15,52	26,51	146,09	21,84	167,93	2,80					
15	10	1,63	20,18	0,33	2,60	1,71	20	17,48	0,49	2,51	580	26,04	13,79	14,74	30,88	164,22	6	1,06	20,31	0,20	1,02	0,62	573	26,10	13,80	14,74	30,68	163,20	7,79	171,00	2,85					
TEST	20	2,97	18,11	0,52	2,60	1,85	33	16,00	0,64	3,03	629	25,42	13,59	14,66	31,48	165,66	33	5,72	13,00	1,14	6,06	3,73	596	25,70	13,63	14,66	30,34	159,59	13,01	172,60	2,88					
4	8	1,13	20,87	0,28	1,41	0,93	10	17,73	0,25	1,24	708	25,40	13,32	14,75	35,87	187,80	300	42,36	22,23	11,65	59,51	31,69	408	27,49	13,70	14,75	24,22	128,29	76,45	204,74	3,41					
5	18	2,57	18,31	0,48	2,40	1,50	29	17,86	0,72	3,53	667	26,34	13,48	14,35	36,36	190,56	255	38,23	22,14	9,82	50,64	26,57	412	28,63	13,78	14,35	26,54	139,92	62,59	202,52	3,38					
8	10	1,72	18,86	0,29	1,31	1,27	16	17,55	0,40	1,78	565	24,77	12,08	13,38	27,23	132,89	51	9,03	21,29	1,82	8,44	6,35	514	25,08	12,15	13,40	25,42	124,45	24,81	149,27	2,49					
CBD/CP	12	1,81	19,35	0,35	1,70	1,23	18	17,71	0,45	2,18	647	25,50	12,96	14,16	33,15	170,42	202	29,87	21,89	7,76	39,53	21,54	445	27,07	13,21	14,16	25,39	130,89	54,62	185,51	3,09					
1	12	2,15	21,66	0,45	2,16	1,88	6	19,29	0,18	0,83	553	25,64	12,64	13,75	28,57	143,88	98	17,71	20,92	3,37	16,41	11,41	455	26,55	12,79	13,75	25,20	127,47	40,27	167,74	2,80					
3	18	2,74	18,94	0,52	2,60	1,82	8	18,46	0,22	1,10	645	25,85	13,72	14,62	33,85	179,43	100	15,51	22,00	3,80	19,65	10,95	545	26,50	13,82	14,62	30,05	159,78	53,56	213,34	3,56					
6	16	3,04	21,09	0,57	2,60	2,11	8	21,10	0,29	1,37	508	27,46	13,22	14,22	30,09	154,58	78	15,26	23,53	3,37	16,75	10,84	431	28,11	13,33	14,22	26,72	137,83	43,04	180,87	3,01					
CBF	16	2,65	20,57	0,51	2,45	1,94	7	19,61	0,23	1,10	569	26,32	13,19	14,20	30,84	159,30	92	16,16	22,15	3,51	17,60	11,06	477	27,05	13,32	14,20	27,32	141,69	45,62	187,32	3,12					
9	16	4,94	20,31	0,53	2,60	3,61	0	0,00	0,00	0,00	316	28,76	13,70	14,60	20,55	108,70	155	49,03	25,30	7,80	40,57	37,33	161	31,74	14,12	14,56	12,75	68,13	113,85	181,98	3,03					
10	14	3,95	18,43	0,38	2,60	4,21	6	19,43	0,18	0,84	341	25,82	11,42	12,78	17,85	84,21	135	39,52	22,15	5,19	23,48	27,88	206	27,96	11,90	12,74	12									

Al comparar los crecimientos del diámetro medio y el área basimétrica entre tratamientos, en el primer caso se observa una clara tendencia del crecimiento corriente a aumentar cuanto mayor es la intensidad de corta. Por su parte, en el área basimétrica la tendencia no es clara.

Aunque la mayor magnitud de las cortas podría tener un cierto efecto positivo en el desarrollo, el menor crecimiento en la intervención de huroneo plantea la posibilidad de que este tratamiento lleve a la masa a un estado de degeneración y, por tanto, a la pérdida de producción.

En el caso del volumen, el hecho de que el crecimiento corriente continúe siendo superior al crecimiento medio implica que todavía no se ha alcanzado el turno de máxima renta en especie (Ortega *et al.*, 1997). Esto concuerda con lo establecido en las tablas de producción de Montero *et al.* (2001), que fijan la edad de máximo crecimiento medio anual en volumen entre los 60 y los 70 años.

Además, al comparar entre las diferentes actuaciones, el menor crecimiento corriente en volumen del huroneo es, de nuevo, un indicio de los posibles sacrificios de producción cometidos al aplicar este tratamiento. Este supuesto se puede constatar a través de la Figura 7, que es una buena forma de representar la variación del crecimiento corriente en función de la intensidad de las extracciones.

Así, en ella se muestra el crecimiento corriente de cada tratamiento (expresado en porcentaje respecto del crecimiento corriente del testigo) frente a su correspondiente área basimétrica residual (expresada también como porcentaje respecto del testigo), que resulta de restar a las existencias post cortas del 2009 los derribos del 2010 y 2017 y las muertes naturales.

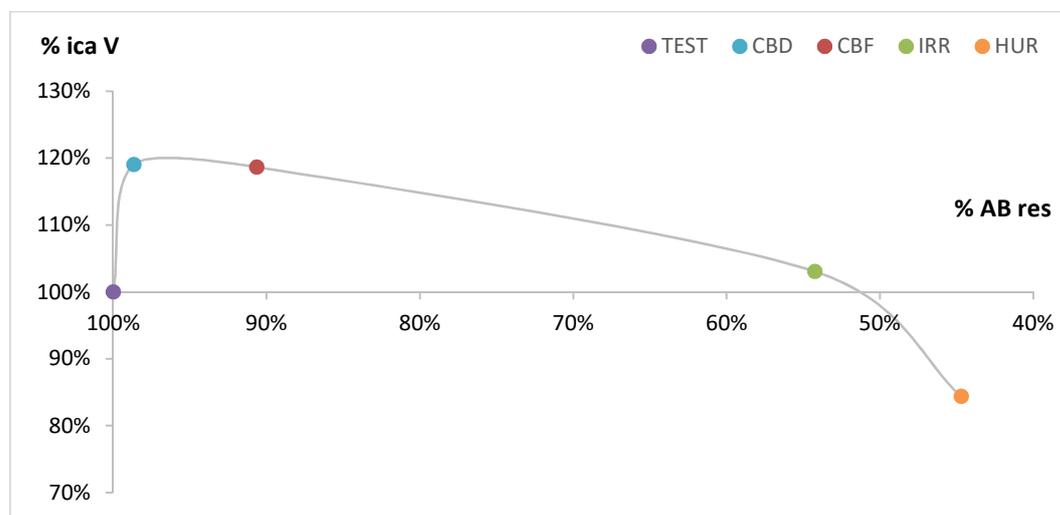


Figura 7. Variación del crecimiento corriente en volumen (ica V), expresado en porcentaje respecto del crecimiento corriente en volumen del testigo, frente al área basimétrica residual (AB res), expresada como porcentaje del área basimétrica residual del testigo. ORIGEN (100%,100%)

Es necesario remarcar que los valores tan elevados de los tratamientos de clara baja débil y fuerte respecto del testigo posiblemente se deben a un error en los datos del 2009. En algunas parcelas testigo, de huroneo e irregular el número de pies inicial es superior al de 2019 (aún después de haber restado los individuos derribados en los vientos y los muertos naturales) y no ha sido posible identificar estos ejemplares desaparecidos. El mayor número de árboles iniciales hace

que se subestime el crecimiento corriente en el tratamiento testigo y, por tanto, que se sobreestime el crecimiento corriente relativo de las claras. Obviando esta anomalía, se observa que cuanto mayor es la intensidad de cortas menor es la producción en volumen respecto al testigo.

Según lo dispuesto por Montero *et al.* (2000), Assman (1970) define el área basimétrica crítica como aquella con la que se pierde un 5% de crecimiento en volumen respecto al crecimiento de las parcelas no intervenidas. Por lo general, el área basimétrica crítica es superior en especies de sombra (en torno al 70%) e inferior en las de luz (E. Rojas, comunicación personal, 6 julio 2019).

En base a esto, y a la vista de la Figura 7, se puede estimar que el área basimétrica crítica se aproximará al 50% del área basimétrica residual de la testigo. Como es superior a la del huroneo, de nuevo, surge otro indicio de que con este tratamiento se tienen pérdidas de producción.

Por otra parte, las Figuras 8, 9, 10 y 11 proporcionan una interpretación gráfica de los datos dispuestos en la Tabla 10. En ellas se representan las medias por tratamiento del diámetro medio, la altura media, el área basimétrica y el volumen para el año 2009 y para el 2019. Las pendientes de las rectas indican los crecimientos corrientes de cada variable.

Como se puede observar, no existe una gran diferencia entre tratamientos en cuanto a los crecimientos de altura media, área basimétrica y volumen. Pero en el caso del diámetro medio, sí se aprecia una mayor variación de la magnitud en irregular y huroneo respecto al resto.

Se puede ver también que las existencias en área basimétrica y volumen de los tratamientos de huroneo e irregular son significativamente menores que las demás y, lo mismo ocurre con la altura media de las intervenciones de huroneo. Aunque el diámetro medio en huroneo era bastante menor al resto el 2009, en 10 años se ha incrementado lo suficiente como para eliminar esta diferencia.

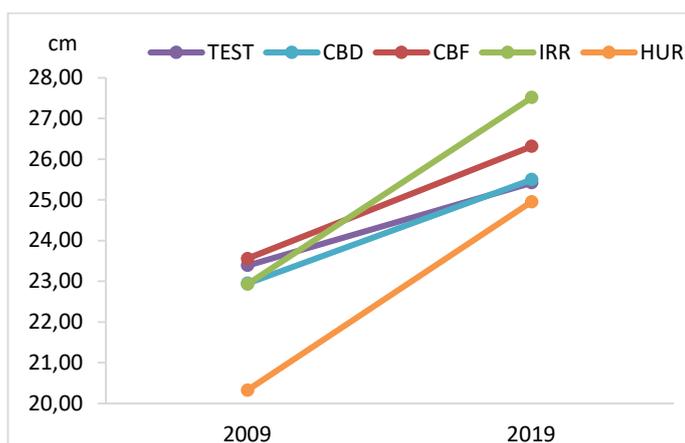


Figura 8. Evolución del diámetro medio (Dg) por tratamiento entre el 2009 y el 2019. ORIGEN DEL "EJE Y" EN 20 cm

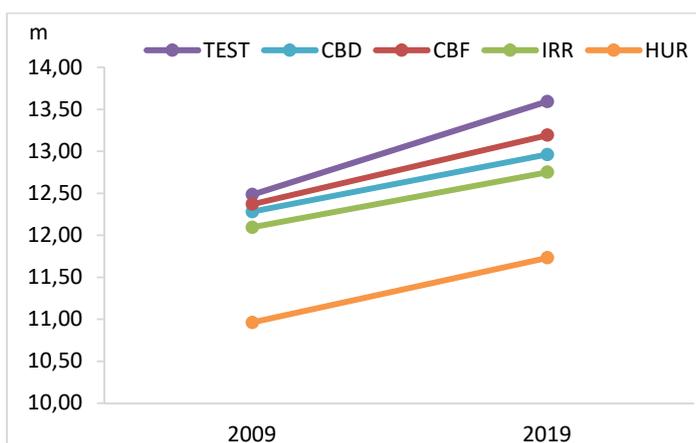


Figura 9. Evolución de la altura media (Hg) por tratamiento entre el 2009 y el 2019. ORIGEN DEL "EJE Y" EN 10 m

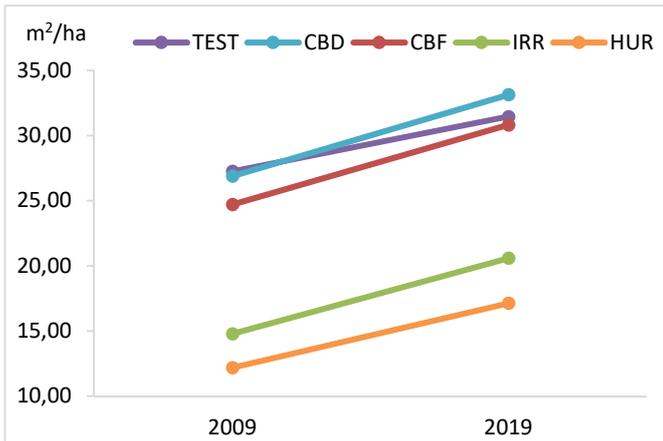


Figura 10. Evolución del área basimétrica media por tratamiento entre el 2009 y el 2019. ORIGEN DEL "EJE Y" EN 10 m²/ha

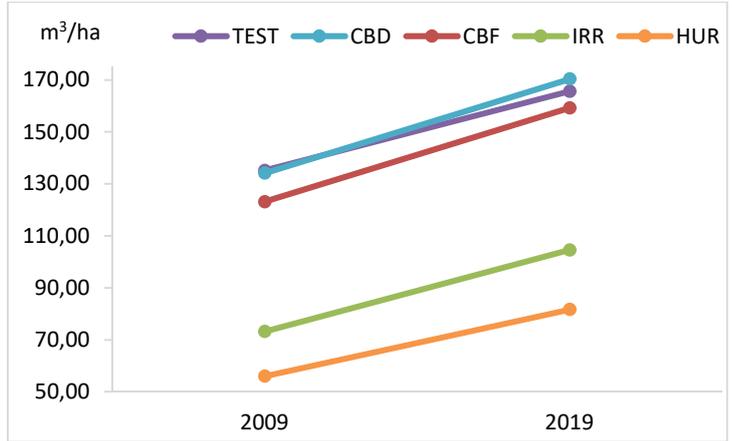


Figura 11. Evolución de las existencias medias por tratamiento entre el 2009 y el 2019. ORIGEN DEL "EJE Y" EN 50 m³/ha

En lo que se refiere al efecto de los tratamientos sobre las características del árbol medio, el volumen unitario del árbol medio es, junto al diámetro medio y la altura media, una variable bastante interesante a tener en cuenta. Así, tal y como se puede apreciar en la Figura 12, el incremento en volumen unitario del árbol medio ha sido muy similar en todos los tratamientos, pero si se habla de valores absolutos, el del huroneo es relativamente inferior al resto de intervenciones.

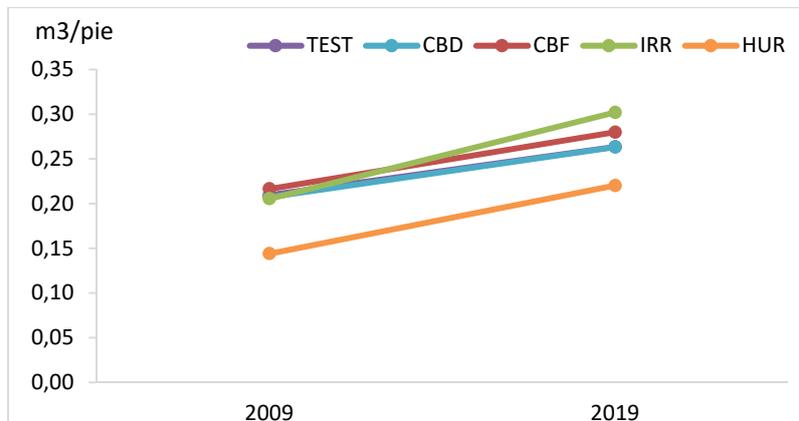


Figura 12. Evolución del volumen unitario del árbol medio por tratamiento entre el 2009 y el 2019

Por otra parte, de forma análoga a la Figura 7, en la Figura 13 se representa la variación en volumen unitario de cada tratamiento respecto de la parcela testigo frente a su respectiva área basimétrica residual, también respecto al valor de la testigo. Como se puede apreciar, a medida que aumenta la magnitud de las cortas, también lo hace el volumen unitario del árbol medio, siendo el tratamiento de irregular el que mejor resultados presenta. Esto se explica por el hecho de que, al reducirse la densidad e incrementarse el espaciamiento medio entre árboles, estos tienden a crecer más en diámetro y, por tanto, en volumen.

Por su parte, como en el tratamiento de huroneo se cortan los pies más vigorosos, el volumen unitario del árbol medio vendrá determinado por los ejemplares más finos y de peor calidad que han quedado en pie. Es por ello que en el gráfico se observa una pérdida significativa de volumen

unitario respecto al tratamiento testigo, siendo esto un claro indicio de que se está produciendo un proceso de descapitalización de la masa.

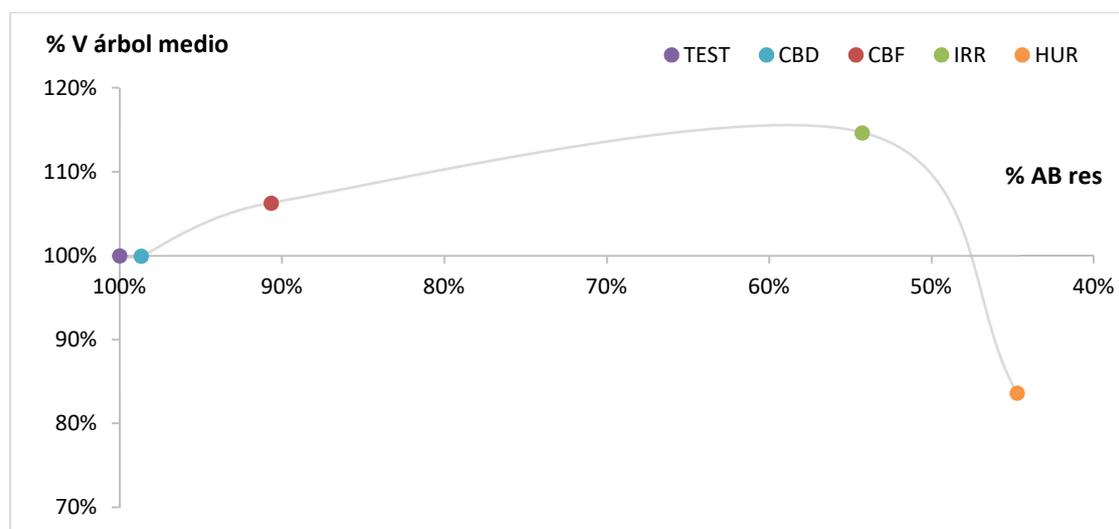


Figura 13. Variación del volumen del árbol medio del 2019, expresado en porcentaje respecto del volumen del árbol medio del testigo, frente al área basimétrica residual (AB res), expresada como porcentaje del área basimétrica residual del testigo. ORIGEN (100%,100%)

Tras todo lo dicho, para garantizar que las diferencias detectadas entre tratamientos son realmente significativas, es necesario realizar un análisis estadístico. De este modo, en lo que se refiere a las características del árbol medio, se evaluarán estadísticamente el crecimiento corriente en diámetro medio, el crecimiento corriente en altura media y el volumen unitario del árbol medio para comprobar hasta qué punto las deducciones que se han obtenido son relevantes.

De las tres variables, solamente se han obtenido diferencias significativas para el caso del crecimiento corriente del diámetro medio pues, según la Tabla 12, los crecimientos detectados en irregular y huroneo difieren bastante de los del resto de tratamientos. Se puede afirmar, por tanto, que los individuos reaccionan a las grandes aperturas de la masa aumentando considerablemente su diámetro.

Para el caso de la altura media, según González *et al.* (2000) en masas muy regulares o procedentes de repoblación, la altura suele variar poco con el diámetro. El levemente mayor crecimiento corriente en el testigo se podría explicar por la necesidad de crecer en altura buscando la luz cuando se está en altas densidades, aunque, teniendo en cuenta la edad de la masa, el crecimiento de esta variable estará bastante estabilizado.

Tabla 12. Resultados del análisis de Kruskal-Wallis y del Post-hoc de Tukey con una significación del 0,05 para la variable crecimiento corriente en diámetro medio. El (*) indica diferencias significativas y las letras mayúsculas marcan las agrupaciones de los tratamientos según su efecto en la variable

VARIABLE	TEST	CBD	CBF	IRR	HUR
ica Dg (cm/año)	A	A	A	* B	* B

Para evaluar las variaciones de producción entre los distintos tratamientos se deben analizar estadísticamente los crecimientos corrientes en cuanto a área basimétrica y volumen, pues son unos buenos indicadores de la producción real de la masa en todo el periodo estudiado. Por otra

parte, el volumen total acumulado, cuyos valores se presentan en la Tabla 11, también es un parámetro recomendable para determinar si existen pérdidas de producción significativas en alguno de los tratamientos (Montero *et al.* 2000).

Tras realizar el análisis, no se han detectado diferencias significativas en ninguno de los tres casos y, por tanto, no se puede decir que existan pérdidas de crecimiento debidas al tipo de corta aplicada. No obstante, por todo lo explicado anteriormente, es bastante probable que, en los inventarios de los próximos años, se detecte una reducción significativa de la producción en el tratamiento de huroneo.

4.3.2. Comparación con las tablas de producción de Montero *et al.* (2001):

Durante la fase de establecimiento de las parcelas, los tratamientos de clara baja débil y clara baja fuerte fueron diseñados en base a las tablas de producción de Montero *et al.* (2001). Por ello, con el objetivo de determinar el grado de adecuación de estas tablas a la zona de estudio, se ha considerado conveniente analizar hasta qué punto las características dasométricas en los tratamientos de claras, diez años después de las cortas, se ajustan a la evolución propuesta por Montero *et al.* (2001).

Estas tablas de producción se elaboraron a partir de los datos recopilados de una red de 72 parcelas experimentales distribuidas por las provincias de Teruel, Zaragoza, Albacete, Castellón, Valencia, Murcia y Jaén, y que han sido inventariadas hasta en 6 ocasiones desde 1965. El diseño se realizó para cuatro calidades diferentes (calidad 20, 17, 14 y 11), de tal forma que, para las calidades 20 y 17 se establecieron dos regímenes de cortas (claras fuertes y moderadas), y para las calidades 14 y 11 solamente se fijó un régimen de claras moderadas.

Se ha efectuado una comparación de la densidad de pies, de los crecimientos medios y corrientes en volumen, del volumen total y del incremento en altura. Se han usado los datos previos a las cortas de 2019, tomado los valores medios de los tratamientos de clara baja fuerte y clara baja débil. Las intervenciones de irregular y huroneo no se tienen en cuenta porque en su diseño no se siguieron las citadas tablas de producción y, por tanto, no tendría sentido incluirlas en las comparaciones.

De este modo, se han seleccionado las tablas de producción para un régimen de claras moderadas y, tras comparar las alturas dominantes medias de los tratamientos con las de las tablas de producción, se ha optado por hacer una interpolación entre las calidades 17 y 14. El resultado es la calidad 15,5 y el valor de sus principales parámetros se muestra en la Tabla 13, junto con los de los tratamientos de clara baja fuerte y débil. Además, en el Anexo 3 se incluyen las tablas de producción de Montero *et al.* (2001) para las calidades 17 y 14 con régimen de claras moderadas.

Tabla 13. Valores dasométricos a los 60 años para las claras bajas débil y fuerte y la tabla de producción de Montero *et al.* (2001) para la calidad 15,5 y régimen de claras moderadas. ΔHg representa el incremento en altura media entre los 50 y los 60 años (previamente a las cortas correspondientes en ambos casos)

	N	V	ica V	ima V	ΔHg
	pies/ha	m ³ /ha	m ³ /ha-año	m ³ /ha-año	m
TABLA PRODUCCIÓN	747	164,95	3,00	2,75	1,20
CBD	647	185,51	3,62	3,09	0,87
CBF	569	187,32	3,61	3,12	1,17

Como se puede observar, el número de pies fijado en las tablas de producción a la edad de 60 años es superior a los tratamientos aplicados. Es probable que esta diferencia se deba al hecho de que, como el diseño de los tratamientos se hizo considerando que la masa tenía una edad de 60 años cuando en realidad tenía 50, se tomó de las tablas de producción una densidad de pies inicial equivocada y, por tanto, se eliminaron más pies de los teóricamente previstos. En el caso del incremento en altura, la clara baja fuerte se ajusta a la evolución teórica esperada, pero no ocurre lo mismo con la clara baja débil, pues es un 30% inferior a lo que cabría esperar.

A pesar de las menores densidades y el menor incremento en altura, las existencias totales en volumen obtenidas en los tratamientos son superiores a las de las tablas de producción, al igual que los crecimientos corriente y medio. Esto hace pensar en un mayor crecimiento diamétrico en las parcelas del estudio que el dispuesto en las tablas de producción, propiciado seguramente por el menor número de árboles por hectárea.

A la vista de todo esto, los mejores resultados en los tratamientos plantean la posibilidad de que las parcelas del estudio presenten una mayor calidad que las parcelas utilizadas por Montero *et al.* (2001). Si bien en el monte de "La Hunde" el *Pinus halepensis* ya se encuentra fuera de su óptimo ecológico, también es cierto que las parcelas se ubican en una antigua zona de cultivos, que fue abandonada y posteriormente repoblada.

No obstante, aunque en el pasado la zona tuviera un uso agrícola, su suelo sigue siendo pobre en profundidad y calidad. Además, considerando el amplio rango de parcelas analizado por Montero *et al.* (2001) es poco probable que no exista ningún caso que se encuentre en unas condiciones similares a las del área de estudio.

Si se tiene en cuenta que el error cometido en la estimación de la edad durante el diseño de los tratamientos llevó a la ejecución de unas cortas más intensas y viendo los mejores resultados obtenidos respecto a los valores teóricos, sería más lógico pensar que las tablas de producción son bastante conservadoras en lo que a regulación de densidades se refiere y, por tanto, están subestimando el potencial del pino carrasco.

4.4. Evaluación del regenerado

Para la evaluación de la regeneración, se ha analizado por separado el diseminado del regenerado establecido.

Dicho esto, por lo que respecta al diseminado y a la vista de la Figura 14, la densidad de brinzales en el testigo difiere significativamente del resto de tratamientos ya que, mientras que en estos la densidad media ronda los 25000 pies/ha, en las parcelas control no llega a los 10000 pies/ha.

Puesto que el *Pinus halepensis* es una especie que requiere bastante luminosidad en los primeros años (González, 2005), es lógico pensar que en las parcelas testigo, donde la poca apertura del dosel de copas impide la entrada de luz, las plántulas tendrán una mayor dificultad para desarrollarse correctamente o, incluso, sobrevivir.

Además, analizando los resultados dispuestos en la Figura 14, para los casos de claras, transformación a irregular y huroneo, se aprecia una leve tendencia creciente en la cantidad de diseminado a medida que aumenta la intensidad de corta. Esto no hace más que corroborar el carácter heliófilo del pino carrasco.

Por otra parte, tal y como indican las letras en minúscula de la Figura 15, también se han detectado diferencias significativas entre los diseminados de las parcelas de un mismo tratamiento, aunque no se dispone de la información suficiente como para determinar los factores concretos que las causan.

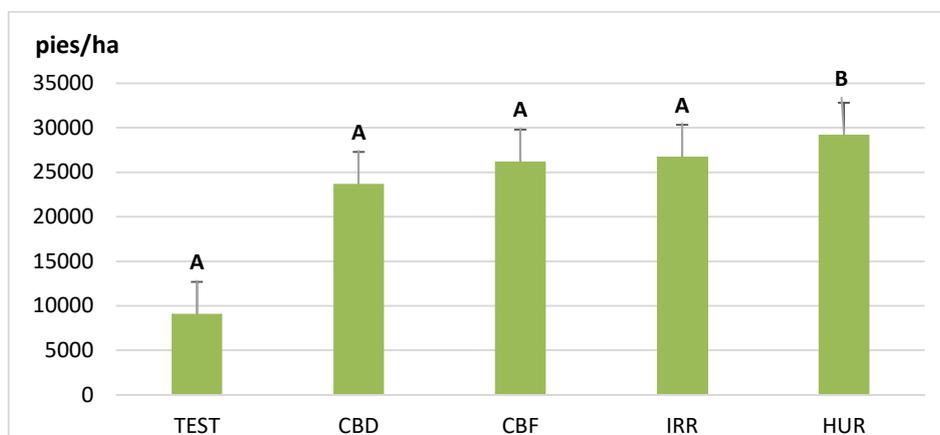


Figura 14. Densidad de diseminado media por tratamiento. Distintas letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos

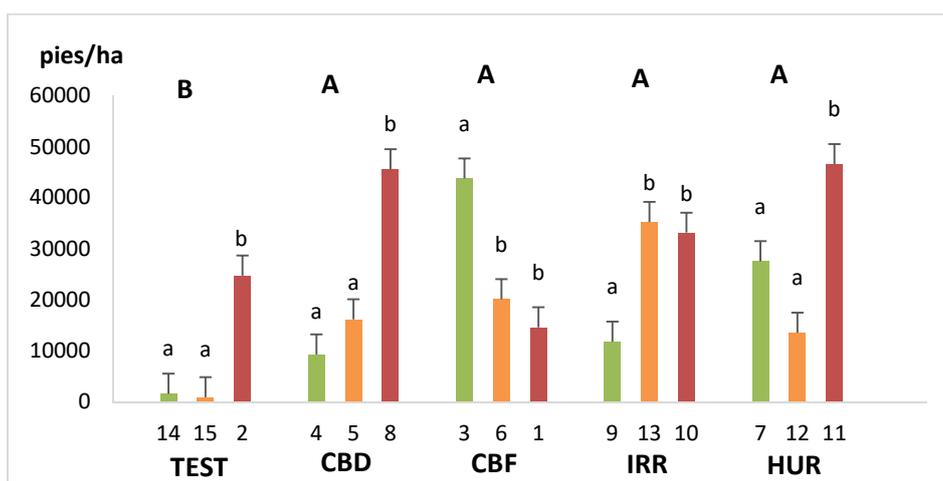


Figura 15. Densidad de diseminado por parcela. Distintas letras en minúscula indican diferencias significativas entre las parcelas de un mismo tratamiento y en mayúscula diferencias significativas entre tratamientos

En cuanto al regenerado establecido, se han detectado diferencias significativas entre las densidades medias por tratamientos. En concreto se han obtenido tres grupos; uno formado por los tratamientos de clara baja débil, clara baja fuerte y el testigo, otro representado por el tratamiento de transformación a irregular y otro para el tratamiento de huroneo.

A partir de la Figura 16 se tiene que, mientras que en el primer grupo el regenerado establecido es prácticamente inexistente y en cualquier caso es de una altura inferior a los 50 cm, en los tratamientos de irregular y huroneo la regeneración es más abundante y cuenta con una mayor variabilidad de alturas.

El tratamiento de huroneo es el que presenta el mayor número de pies por hectárea y, además, aproximadamente el 8% de ellos tiene una altura superior a los 130 cm. En el caso de la

transformación a irregular, aunque la densidad media de individuos es de unos 2500 pies/ha, la mayoría de ellos no supera los 75 cm.

La conversión a irregular no busca la regeneración masiva a partir de la apertura de grandes huecos en la masa, sino que más bien apuesta por una regeneración paulatina que permita la diferenciación de la masa en todas las clases de edad con el tiempo (González, 2005). Por su parte, el huroneo sí propicia esta regeneración masiva, al abrirse de forma casi inmediata el dosel por la extracción de los pies más gruesos.

Si a esto se le suma el temperamento de luz del pino carrasco, la menor densidad de individuos establecidos en la conversión a irregular respecto del huroneo quedaría justificada. No obstante, entre ambos tratamientos no existe una gran diferencia en cuanto a apertura de la masa y, por tanto, tampoco son significativamente distintas las condiciones de luminosidad.

Además, teniendo en cuenta que en las parcelas de huroneo la regeneración está principalmente distribuida en forma de bosquetes, es más probable que el mayor número de individuos se deba al efecto de los pies apeados en las primeras intervenciones. Su mayor envergadura pudo hacer que al ser arrastrados, produjeran una mayor escarificación del suelo que la ocurrida en el tratamiento de irregular y esto, añadido al efecto de la apertura del dosel, facilitó en gran medida la germinación y el desarrollo de las nuevas plántulas.

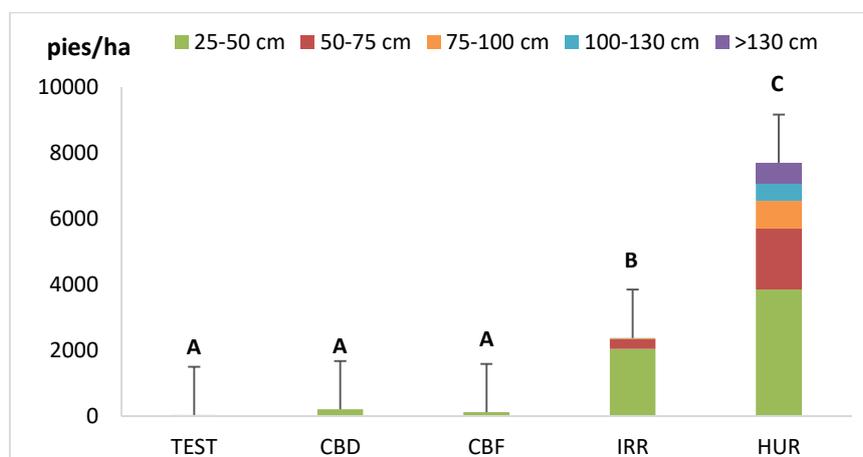


Figura 16. Densidad media de regenerado establecido por tratamiento y clasificado por alturas. Las distintas letras en mayúscula indican diferencias significativas entre tratamientos

En la Figura 17 se representan las densidades por hectárea de la regeneración establecida para cada parcela. Como se puede observar, solamente se han detectado diferencias significativas entre parcelas de un mismo tratamiento para el caso de clara baja débil. No obstante, como el número de pies es muy bajo, no es necesario tenerlo en consideración.

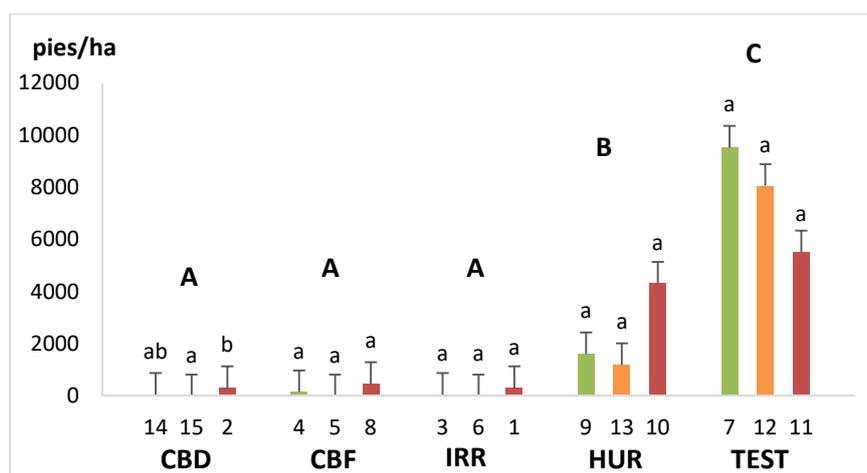


Figura 17. Densidad de regenerado establecido por parcela. Distintas letras en minúscula indican diferencias significativas entre parcelas de un mismo tratamiento y en mayúscula diferencias significativas entre tratamientos

Finalmente, tras comparar los resultados del diseminado con los del regenerado establecido, queda de manifiesto la poca probabilidad de supervivencia de las plántulas de menos de un año de vida. Incluso en el tratamiento de huroneo, que es el más favorecido, el número de plántulas que superan el año de edad no llega ni a una tercera parte.

Por otra parte, puesto que el desarrollo del regenerado se ve muy condicionado por la cobertura de sotobosque, también se ha analizado estadísticamente la presencia de varias especies de matorral. De todas las especies identificadas en campo, se han seleccionado aquellas que, por su abundancia o por su grado de cobertura, pueden llegar a tener algún efecto sobre el desarrollo de la regeneración del pinar. Estas especies son *Quercus ilex*, *Juniperus oxycedrus* L. y *Ulex parviflorus* Pourr.

De este modo, en la Figura 18 se puede observar que las tres especies presentan alguna diferencia significativa en cuanto a porcentaje de cobertura para distintos tratamientos. En el caso de *Quercus ilex*, su presencia en irregular y clara baja fuerte es significativamente distinta a la de la testigo, pero no lo es entre los tratamientos de huroneo y clara baja débil.

Con *Juniperus oxycedrus* ocurre una situación similar; el porcentaje de cobertura en huroneo es significativamente mayor que en clara baja fuerte, pero no se ha detectado una diferencia importante entre los otros tratamientos.

A pesar de esto, los resultados obtenidos para estas dos especies no pueden ser tomados como completamente fiables puesto que los porcentajes de cobertura son muy bajos (inferiores al 10% en todos los casos) y, por tanto, también lo es la diferencia entre tratamientos. Además, la elevada variabilidad de los datos podría estar enmascarando la tendencia real en su distribución.

No ocurre lo mismo con *Ulex parviflorus*, pues se observa que es mucho más abundante en el irregular que en el resto de tratamientos. Su presencia en el huroneo también difiere significativamente de las demás actuaciones, y apenas aparece en clara baja fuerte, clara baja débil y testigo. Con una cobertura media del 22% en irregular y del 9% en huroneo, se puede decir que *Ulex parviflorus*, como especie pionera que es, se desarrolla mejor en condiciones de elevada luminosidad y es capaz de colonizar con facilidad ambientes perturbados.

No obstante, en el caso de colonización no vinculada a incendios, ésta prefiere una puesta en luz más progresiva. Esto podría explicar su mayor presencia en irregular que en huroneo, al haberse producido una apertura de la masa levemente menor en el primer caso que en el segundo.

Además, el hecho de que sea tan abundante en el tratamiento de paso a irregular podría explicar la menor cantidad de regenerado establecido en estas parcelas frente al huroneo. Así, una cobertura del 22% podría ser suficiente como para dificultar, en cierto modo, el desarrollo de los pinos jóvenes.

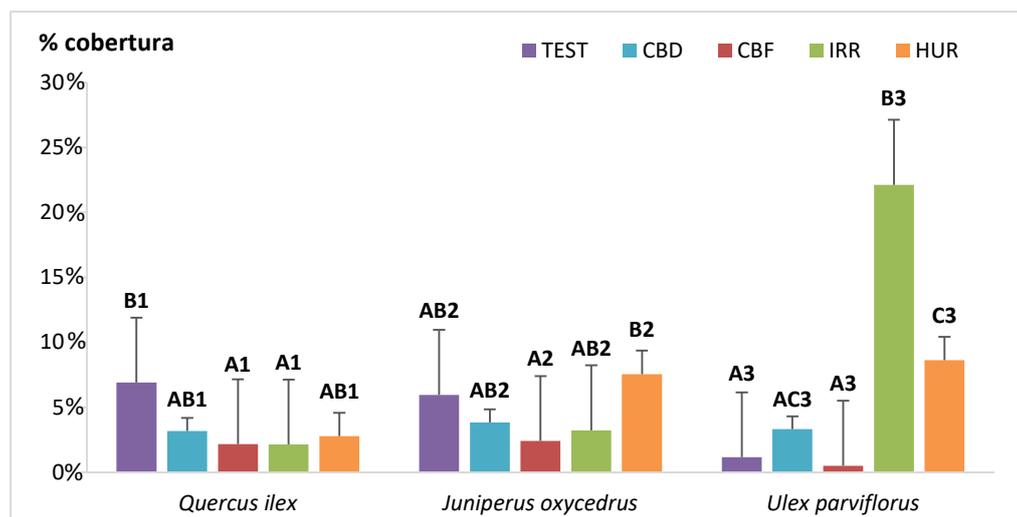


Figura 18. Cobertura media por especie y tratamiento. El número hace referencia a la especie, y distintas letras indican diferencias significativas entre tratamientos

5. CONCLUSIONES

De esta segunda fase del estudio, se desprenden una serie de resultados que han permitido obtener las primeras conclusiones sobre el efecto de diferentes alternativas para masas regulares de edad media de *Pinus halepensis*. Obviamente, estas conclusiones son solo un adelanto de lo que sucesivas mediciones en los próximos 20 años podrán reforzar o matizar.

Entre las principales conclusiones destacan las siguientes:

- ❖ Los derribos del 2010 fueron mucho más importantes que los del 2017 y causaron más daños en el tratamiento de huroneo. Por su parte, en los del 2017, todos los tratamientos mostraron la misma capacidad de resistencia. Esto es un claro indicio de que las actuaciones realizadas en el 2009 han contribuido a la mejora de la estabilidad media individual de la masa, incluyendo el huroneo. Por lo tanto, **los tratamientos que afectan substantivamente a la densidad de masas regulares de media edad comportan un moderado y aceptable riesgo inmediato en el caso de fuertes vientos o nevadas que desaparece a los pocos años.**
- ❖ En irregular y huroneo el número de pies extraídos ha sido similar pero el volumen extraído en este último ha sido mayor (**48% extraído frente al 30% en irregular**) al cortar los árboles más gruesos y ser el único que mantiene árboles sumergidos y dominados tras las cortas. Ha habido una **reducción significativa de la altura dominante en huroneo y la altura media ha aumentado en irregular.**

- ❖ En las cortas preparatorias se busca abrir la masa para la fructificación y se ha extraído un **22% del volumen inicial**, eliminando todos los sumergidos y dominados y parte de los codominantes y dominantes. **La intervención sobre el estrato dominante ha sido mayor que en el tratamiento de irregular** y la altura media se ha incrementado considerablemente.
- ❖ A partir de la comparación de los crecimientos medio y corriente, se estima **que la masa ha alcanzado la edad de máximo crecimiento medio anual en área basimétrica, diámetro medio y altura media, pero no en volumen todavía**. Esto concuerda con lo establecido en las tablas de producción de Montero *et al.* (2001), que fijan la edad de máximo crecimiento medio anual en volumen en torno a los 65 años.
- ❖ Aunque solamente se han detectado diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para el crecimiento corriente en diámetro medio (que es mayor cuanto mayor es la intensidad de corta), las tendencias observadas en cuanto a existencias y crecimiento corriente en volumen son un indicio del **sacrificio de producción ligado a la intervención de huroneo a largo plazo**.
- ❖ Aunque tanto los volúmenes del irregular como los del huroneo son bastante inferiores al resto, **el crecimiento corriente en volumen y el volumen unitario en irregular mejoran respecto al testigo**, algo que no ocurre en el caso del huroneo.
- ❖ En los tratamientos de clara baja fuerte y clara baja débil, se han detectado unos mejores resultados en cuanto a crecimientos y existencias en volumen respecto de las tablas de producción de Montero *et al.* (2001). **Es probable que estas tablas de producción estén subestimando el crecimiento de *Pinus halepensis* al plantear unas intervenciones bastante conservadoras y también al generalizar el crecimiento para una amplia área geográfica**.
- ❖ **La cantidad de diseminado en las parcelas testigo es significativamente menor a la del resto de tratamientos**, cosa que refleja el carácter heliófilo del pino carrasco, que requiere un gran aporte de luz en los primeros años de crecimiento.
- ❖ Se constata la **elevada tasa de mortalidad del diseminado**. Incluso en huroneo, que es el más favorecido en cuanto a regeneración, el número de plántulas que superan el año de edad no llega ni a una tercera parte.
- ❖ **El regenerado establecido solamente es relevante en las actuaciones de irregular y huroneo, siendo en éste donde aparece con más fuerza y abundancia (la mayoría de los individuos miden más de 50 cm de altura, llegando incluso a superar los 130 cm)**. Posiblemente esto se deba al papel de los árboles dominantes apeados como diseminadores de semillas, a la escarificación del suelo producida por su arrastre y a la mayor insolación.
- ❖ ***Ulex parviflorus* es significativamente más abundante en huroneo e irregular, siendo en este último donde mayor cobertura presenta**. Esto corrobora el carácter pionero de la especie, y es posible que su mayor presencia esté dificultando, en cierto modo, el desarrollo del regenerado de *Pinus halepensis*. Además, la mayor abundancia en irregular podría ser debida al hecho de que, en ausencia de incendio, la aliaga se ve más beneficiada por una puesta en luz más progresiva.

- ❖ **En las parcelas de claras, 50 años no son una edad óptima para iniciar las cortas** pues, como norma general, las primeras claras se tendrían que realizar como máximo a los 30 años de edad (E. Rojas, comunicación personal, 6 julio 2019).
- ❖ No se puede determinar de entrada la superioridad de ninguna de las cuatro alternativas planteadas en 2009. **Si se pretende mantener las masas como regulares, las claras por lo bajo son una alternativa plausible, siendo las fuertes claramente preferibles.** No obstante, a la vista de los resultados obtenidos podría ser conveniente reformular la clara baja fuerte como moderada, e incluir una nueva opción con una intensidad mayor (fuerte) como una alternativa a contrastar en el futuro. Todo ello como paso previo a las cortas preparatorias y posterior regeneración mediante aclareo sucesivo, ya sea uniforme, por fajas o por bosquetes.
- ❖ **En el caso de resultar preferible la transformación en masas irregulares, este modelo ha demostrado amplias ventajas en cuanto a mantenimiento del crecimiento corriente, regeneración y estabilidad.** Si se pretende diversificar las edades de masas concentradas en pocas clases de edad y/o realizar ingresos antes de llegar al turno, esta alternativa podría ser especialmente interesante.
- ❖ El huroneo comporta algunos riesgos, como es la mayor exposición a vientos y nevadas en los primeros años, a la vez que reduce considerablemente las existencias y puede comportar regresión estructural y genética. No obstante, **puede ser una alternativa aceptable siempre que se flexibilicen los criterios de corta y se incluyan actuaciones de claras entre los árboles dominados.** Su principal ventaja es una rápida regeneración que, pese al origen del tratamiento, comportaría un mantenimiento de la estructura regular.

6. BIBLIOGRAFÍA

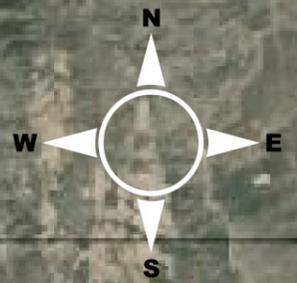
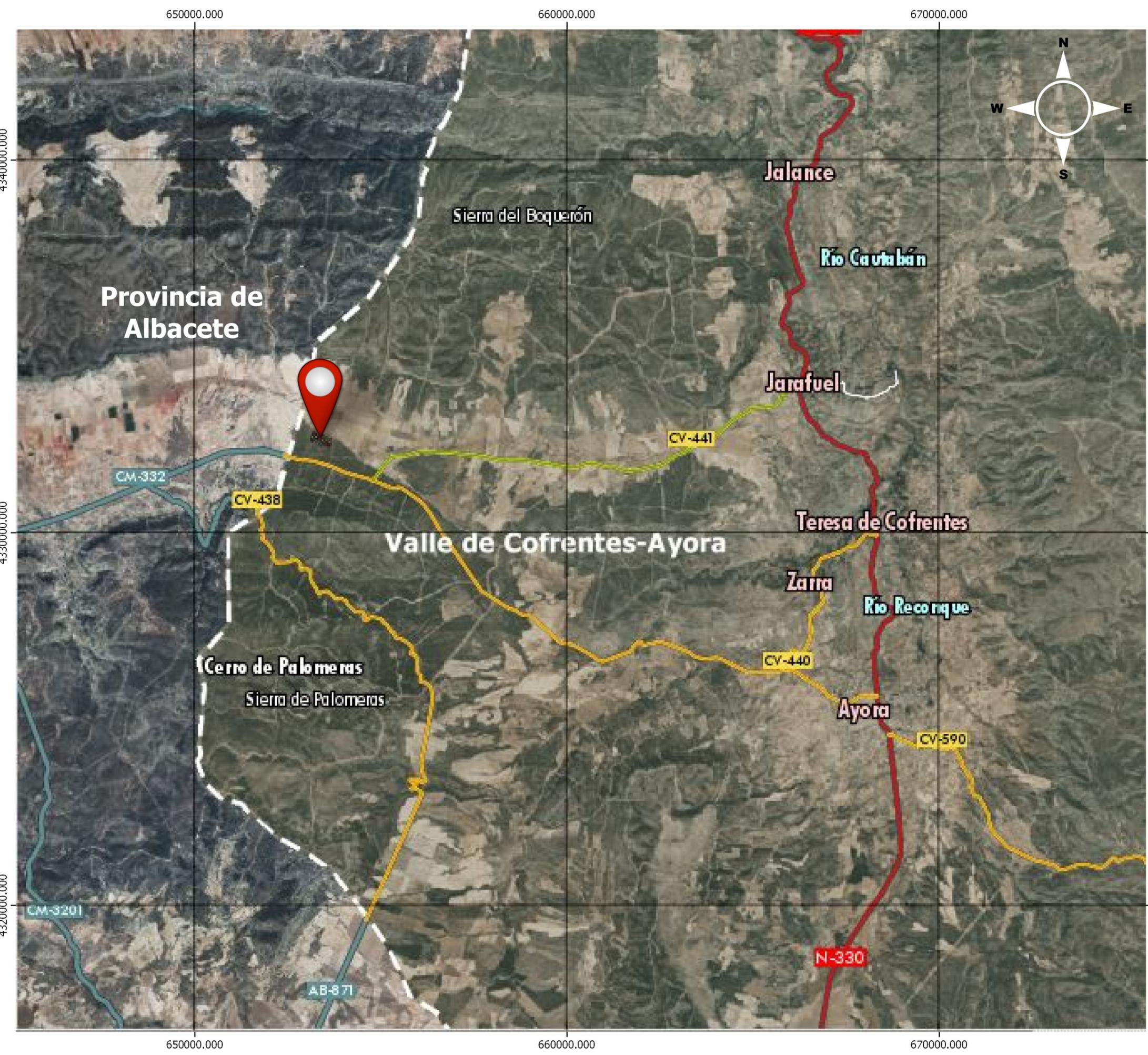
- Bengoia-Martínez, J. L. (1999). Estimación de la altura dominante de la masa a partir de la "altura dominante de parcela". Ventajas frente a la altura dominante de Assman. *Investigación agraria: Sistemas y recursos forestales. Fuera de serie nº 1*
- Beltrán, M., Piqué, N. y Vericat, P. (2011). *Models de gestió per als boscos de pi blanc (Pinus halepensis Mill.). Producció de fusta i prevenció d'incendis forestals*. Cataluña: Centre de la Propietat Forestal-Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural
- Bravo, F. y Rodríguez-García, E. (2005). *Protocolo para la obtención de datos. Regeneración natural y primer desarrollo de rodales forestales en el centro de España*. Recuperado de: http://wwwsp.inia.es/Investigacion/centros/CIFOR/redes/Selvired/Documents/PROTOCOL_O_REGENERACION.UVA.pdf [Consultado el 5 de junio de 2019]
- Cameron, A. D. (2002). Importance of early selective thinning in the development of long-term stand stability and improved log quality: a review. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 75 (1), 25-35
- Cendrero, A., Nieto, M., Robles, F. y Sánchez, J. (1986). *Mapa geocientífico de la provincia de Valencia* [mapa]. 1:200.000. Valencia: Servicio de Recursos Geológicos de la Excm. Diputación Provincial de Valencia
- Clutter, J. L., Forston, J. C., Pienaar, L. V., Brister, G. H., y Bailey, R. L. (1983). *Timber management: a quantitative approach*. Nueva York: John Wiley & Sons
- COPUT. (1991). *Litología (COPUT-1991)* [mapa en línea]. 1:50.000. Recuperado de: <https://visor.gva.es/visor/> [Consultado el 10 de abril de 2019]
- Del Peso Taranco, C., y Oviedo, F. B. (2004). Caracterización selvícola de las masas forestales de *Pinus pinaster* subsp. *mesogeensis* del Sistema Ibérico Meridional. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (18), 179-184
- Del Río, M., Montero, G. y Ortega, C. (1997). Respuesta de los distintos regímenes de claras a los daños causados por la nieve en masas de *Pinus sylvestris* L. en el Sistema Central. *Investigación agraria: Sistemas y recursos forestales*, 6(1-2), 103-117
- Diéguez-Aranda, U., Barrio, M., Castedo, F., y Álvarez, J. G. (2005). Relación altura-diámetro generalizada para masas de *Pinus sylvestris* L. procedentes de repoblación en el noroeste de España. *Investigación agraria: Sistemas y recursos forestales*, 14(2), 229-241
- Gandullo, J. M. (1994). *Climatología y ciencia del suelo*. Madrid: Fundación Conde del Valle de Salazar. E. T. S. Ingenieros de Montes
- García-Güemes, C. y Calama, R. (2015). La práctica de la selvicultura para la adaptación al cambio climático. En Herrero, A. y Zavala, M. A. (Eds.), *Los bosques y la biodiversidad frente al cambio climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España* (p. 501-512). Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica

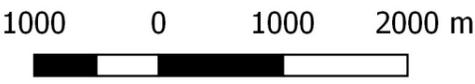
- González, G. M., Madrigal, G., Ruiz-Peinado, R., y Bachiller, A. B. (2004). Red de parcelas experimentales permanentes del CIFOR-INIA. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (18), 229-236
- González, J. M. (2005). *Introducción a la silvicultura general*. León: Universidad de León
- GVA (2013). *PATFOR. Plan de Acción Territorial Forestal de la Comunitat Valenciana*
- Forteza, J., Rubio, J. L. y Gimeno, E. (1995). *Catálogo de suelos de la Comunidad Valenciana*. Valencia: Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació
- Hermoso, J. (2017). *Calidad de planta de Pinus halepensis Mill. en repoblaciones forestales en la provincia de Valencia. Definición y contraste de los estándares de calidad de planta* (Tesis doctoral. Universidad de Córdoba, Andalucía). Recuperado de: <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/15092> [Consultado el 2 de junio de 2019]
- IGME. (1972-2003). *Mapa Geológico de España* [Mapa en línea]. 1:50.000. Recuperado de: <http://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Magna50Hoja.aspx?Id=767&language=es> [Consultado el 10 de abril de 2019]
- Maestre, F. T. (2002). *La restauración de la cubierta vegetal en zonas semiáridas en función del patrón espacial de factores bióticos y abióticos* (Tesis doctoral. Universidad de Valencia, Comunitat Valenciana)
- MAPAMA (1997-2007). Tercer Inventario Forestal Nacional (IFN3) [base de datos]. Recuperado de: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/ifn3_bbdd_descargas.htm.aspx [Consultado el 10 de mayo de 2019]
- Mapas temáticos sobre variables agroclimáticas. Dentro de SIGA: Sistema de Información Geográfica de Datos Agrarios [base de datos]. Recuperado de: <https://sig.mapama.gob.es/siga/> [Consultado el 4 de abril de 2019]
- Martín, S., González, J. R. y Coll, L. (2009). Evaluación y caracterización de los daños causados por la acción del viento y la nieve en los bosques de coníferas de montaña de Cataluña. En 5º *Congreso Forestal Español*. Ávila: S.E.C.F. - Junta de Castilla y León
- Montero, G., Del Río, M. y Ortega, C. (2000). Ensayo de claras en una masa natural de *Pinus sylvestris* L. en el Sistema Central. *Investigación agraria: Sistemas y recursos forestales*, 9 (1), 147-168
- Montero, G., Cañellas, I. y Ruíz-Peinado, R. (2001). Growth and Yield Models for *Pinus halepensis* Mill. *Investigación agraria: Sistemas y recursos forestales*, 10(1), 179-201
- López, C. (Sin fecha). *Epidometría (II)* [diapositivas de PowerPoint]. Recuperado de: <http://ocw.upm.es/course/dasometria> [Consultado el 25 de junio de 2019]
- Ortega, C., Del Río, M., Montero, G y Bachiller, A. (1997). Resultados de una experiencia de claras en repoblaciones de *Pinus pinaster* Ait. en el norte de Guadalajara. En 2º *Congreso Forestal Español*. Pamplona: SECF

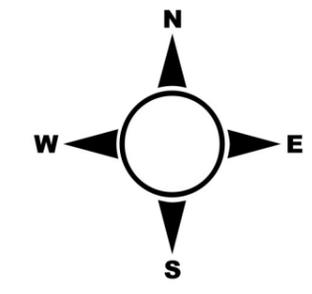
- Palacio, A. M. (2017). *Evaluación de la regeneración en una masa de pino carrasco (Pinus halepensis Mill.) sometida a distintos tratamientos selvícolas en el monte de Tuéjar (Valencia)* (Trabajo de fin de grado. Universitat Politècnica de València, Gandia). Recuperado de: <https://riunet.upv.es/handle/10251/85713> [Consultado el 20 de mayo de 2019]
- Pérez, A. J. (1994). *Atlas climático de la Comunidad Valenciana (1961-1990)*. Valencia: Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports
- Póveda, J. A. (2010). *Establecimiento de una red de parcelas permanentes de masas coetáneas de Pinus halepensis Mill. en la Comunitat Valenciana*. (Trabajo de fin de carrera no publicado). Universitat Politècnica de València. Valencia
- Prada, A. (2008). *Guía técnica para la conservación genética y utilización del pino carrasco (Pinus halepensis) en España*. Madrid: FORESTA
- Rivas-Martínez, S. y Rivas-Saenz, S., (1996-2019). *Worldwide Bioclimatic Classification System*. España: CIF. Recuperado de: <http://www.globalbioclimatics.org/> [Consultado el 4 de abril de 2019]
- Rubio, J. A., Sánchez, J., Forteza, J. y Colomer, J. C. (1997). *Mapa de suelos de la Comunitat Valenciana. Ayora (768): Escala 1:100.000* [mapa]. Valencia: Conselleria d'Agricultura i Mig Ambient-ICONA-CIDE
- Ruiz, J. (2000). Caracterización de la bibliografía sobre *P. halepensis* a partir de los registros contenidos en la base de datos de BIBLIOFOR. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (10), 189-194
- Serrada, R. (2002). *Apuntes de Selvicultura*. Madrid: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal (UPM)
- SIAR: Sistema de Información Agroclimática para el Regadío [base de datos]. Recuperado de: <http://eportal.mapama.gob.es/websiar/SeleccionParametrosMap.aspx?dst=1> [Consultado el 4 de abril de 2019]
- Trasobares, A., Tomé, M. y Miina, J. (2004). Growth and yield model for *Pinus halepensis* Mill. in Catalonia, north-east Spain. *Forest Ecology and Management*, 203, 49–62

7. ANEXOS

7.1. Anexo cartográfico



 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		 Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrònomic i del Medi Natural	
Seguimiento de una red de parcelas de experimentación en masa coetánea de <i>Pinus halepensis</i> Mill. en el MUP V154 "La Hunde y La Palomera" en el TM de Ayora (Valencia)			
PLANO 1. PLANO DE SITUACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO			
AUTORA: EVA SAMBLÁS VIVES		FECHA: JULIO 2019	
SISTEMA DE REFERENCIA: PROYECCIÓN ETRS89 / UTM HUSO 30 N		ESCALA: 1/100.000	
			



Leyenda

TRATAMIENTOS

- Cortas preparatorias (anterior CBD)
- Clara baja fuerte
- Huroneo
- Paso a Irregular
- Testigo
- ZONA DE AMORTIGUACIÓN
- CURVAS DE NIVEL



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Seguimiento de una red de parcelas de experimentación en masa coetánea de *Pinus halepensis* Mill. en el MUP V154 "La Hunde y La Palomera" en el TM de Ayora (Valencia)

PLANO 2. PLANO DE EMPLAZAMIENTO DE LAS PARCELAS DE TRATAMIENTO

AUTORA: EVA SAMBLÁS VIVES	FECHA: JULIO 2019
---------------------------	-------------------

SISTEMA DE REFERENCIA: PROYECCIÓN ETRS89 / UTM HUSO 30 N	ESCALA: 1/2.500
Cotas en metros	



7.2. Anexo estadístico

7.2.1. Resultados del inventario:

A continuación, se presentan los resultados de los inventarios realizados en cada parcela. En la Tabla 14 se muestra el número de pies por clase diamétrica y por parcela y, en la Tabla 15 se incluyen los principales parámetros estadísticos de la variable diámetro por parcela. Además, en la Figura 19 se representan los diagramas de cajas y bigotes de la variable diámetro también por parcela.

Tabla 14. Número de pies por parcela y clase diamétrica

CD	DAP (cm)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
5	2,5 a 7,6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
10	7,6 a 12,5	0	5	0	0	0	0	2	0	0	2	8	2	0	10	1
15	12,6 a 17,5	8	45	6	6	15	0	8	26	2	8	47	5	5	32	12
20	17,6 a 22,5	70	123	71	92	72	42	35	78	26	41	102	22	24	58	75
25	22,6 a 27,5	104	137	140	170	117	107	72	101	47	61	94	46	70	64	98
30	27,6 a 32,5	75	55	79	61	99	74	29	56	45	41	13	25	55	53	71
35	32,6 a 37,5	14	15	19	18	20	17	10	15	26	12	2	11	27	30	24
40	37,6 a 42,5	0	0	1	0	4	6	2	1	9	1	0	7	6	7	2
45	42,6 a 47,5	0	0	0	1	0	3	0	0	0	1	0	3	0	4	1
>45	>47,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Nº PIES TOTALES		271	380	316	348	327	249	159	277	155	167	266	121	187	260	284

Tabla 15. Parámetros estadísticos de la variable diámetros

PARCELA	Nº PIES	DAP medio (cm)	Varianza	Desv. Típica (cm)	CV (%)
1	271	25,261	19,628	4,430	18%
2	380	23,229	13,983	3,739	16%
3	316	25,492	16,824	4,102	16%
4	348	25,042	15,272	3,908	16%
5	327	25,899	16,256	4,032	16%
6	249	27,041	21,369	4,623	17%
7	159	24,884	33,541	5,791	23%
8	277	24,266	19,201	4,382	18%
9	155	28,170	34,412	5,866	21%
10	167	25,288	31,924	5,650	22%
11	266	21,301	19,998	4,472	21%
12	121	26,812	44,162	6,645	25%
13	187	27,496	28,492	5,338	19%
14	260	25,266	20,461	4,523	18%
15	284	25,500	18,726	4,327	17%

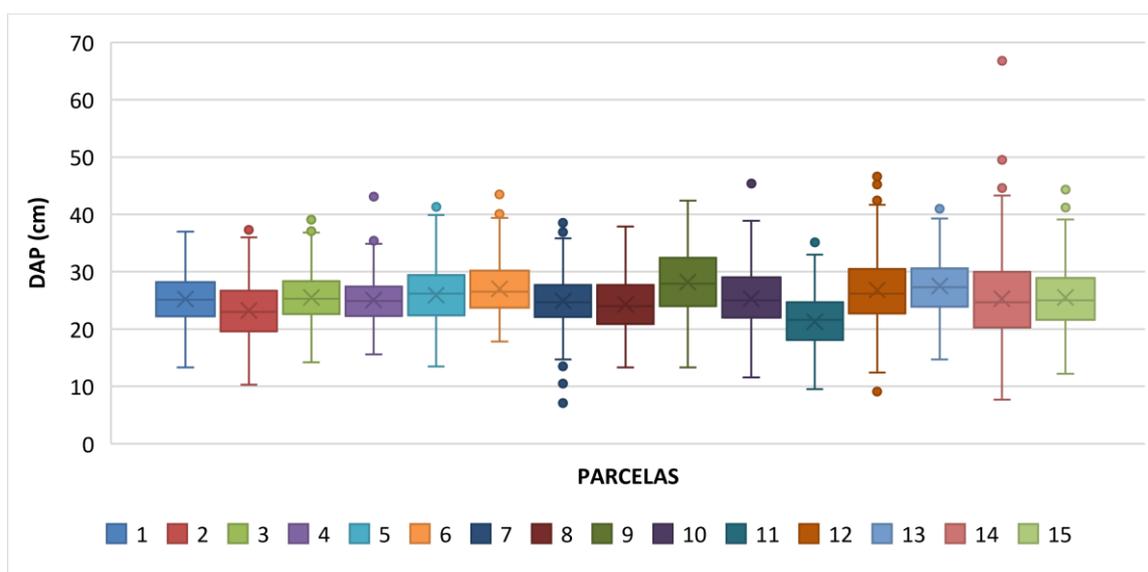


Figura 19. Diagrama de cajas y bigotes de la variable diámetro por parcela

A la vista de la Tabla 15 y la Figura 19, se observa que no existe una elevada variabilidad en la distribución diamétrica de las parcelas puesto que los coeficientes de variación son, en todos los casos, inferiores al 25%. Esto se justifica por el carácter coetáneo de la masa. Las parcelas con tratamientos de huroneo y paso a irregular son las que presentan las mayores variabilidades.

Por otra parte, como se ha indicado en la memoria, para el análisis de las alturas se ha realizado un muestreo estratificado por clases diamétricas (tomadas del anterior inventario) con afijación proporcional, es decir, se ha tomado una muestra aleatoria de pies de cada clase diamétrica en función de su grado de representación en la masa.

Dicho esto, en la Tabla 16 se presentan los principales parámetros estadísticos de las alturas para cada parcela, junto con sus respectivos errores de muestreo. Como se puede apreciar, el error cometido en el muestreo de las alturas es inferior al 1,4% en todas las parcelas.

Tabla 16. Parámetros estadísticos de la variable alturas. Siendo **N** el número total de pies por parcela, **n** el número de alturas medidas por parcela, μ el estimador de la media poblacional, σ^2 el estimador de la varianza poblacional, σ la desviación típica, **CV** el coeficiente de variación, **Ea** el error absoluto y **Er** el error relativo

PARCELA	N	n	μ (m)	σ^2	σ (m)	CV (%)	Ea (m)	Er (%)
1	271	39	12,116	0,002	0,049	0,41%	0,100	0,82%
2	380	40	12,187	0,002	0,045	0,37%	0,090	0,74%
3	316	39	13,655	0,002	0,039	0,29%	0,077	0,57%
4	348	39	13,197	0,008	0,091	0,69%	0,184	1,39%
5	327	39	13,384	0,003	0,051	0,38%	0,103	0,77%
6	249	39	12,935	0,002	0,040	0,31%	0,081	0,63%
7	159	39	12,322	0,002	0,039	0,32%	0,079	0,64%
8	277	40	12,009	0,005	0,070	0,58%	0,141	1,17%
9	155	38	13,483	0,002	0,045	0,33%	0,090	0,67%
10	167	40	11,255	0,003	0,057	0,51%	0,116	1,03%
11	266	40	10,178	0,002	0,043	0,42%	0,087	0,86%
12	121	39	12,207	0,001	0,034	0,28%	0,069	0,57%
13	187	40	12,832	0,003	0,057	0,45%	0,116	0,90%

14	260	39	14,117	0,001	0,027	0,19%	0,054	0,39%
15	284	39	13,611	0,001	0,030	0,22%	0,061	0,45%

7.2.2. Relaciones altura diámetro:

Se han obtenido las relaciones altura-diámetro de cada parcela mediante el programa informático Statgraphics Centurion XVII. Se ha seleccionado para cada serie de datos la curva que presentaba un mejor ajuste. Por ello, se han evaluado el coeficiente de determinación ajustado R^2_{aj} , que refleja la bondad de ajuste de un modelo, el error estándar (SE), que representa la desviación estándar de los residuos, y la raíz del error cuadrático medio (RMSE), que es un indicador de los errores de predicción de un modelo. Las curvas altura-diámetro obtenidas para cada parcela se presentan en la Tabla 17.

Tabla 17. Curvas altura-diámetro para cada parcela

PARCELA	CURVA H-D	R^2_{aj}	SE	RMSE
1	$h(m) = \sqrt{108.174 + 0.0785996 * DAP(cm)^2}$	56,10%	22,82	0,87
2	$h(m) = \frac{1}{0,0506909 + 0,697229/DAP(cm)}$	72,05%	0,004	0,67
3	$h(m) = \frac{1}{0,0501777 + 0,587315/DAP(cm)}$	71,03%	0,003	0,55
4	$h(m) = \sqrt{117,19 + 0.0934368 * DAP(cm)^2}$	63,24%	24,66	0,92
5	$h(m) = \sqrt{88,4605 + 3,54542 * DAP(cm)}$	52,43%	21,67	0,79
6	$h(m) = \sqrt{-251,509 + 128,683 * \ln(DAP(cm))}$	54,95%	24,15	0,88
7	$h(m) = \sqrt{97,0806 + 0,0915825 * DAP(cm)^2}$	77,05%	18,20	0,69
8	$h(m) = \frac{1}{0,046806 + 0,8905/DAP(cm)}$	57,26%	0,008	1,04
9	$h(m) = \sqrt{134,277 + 0,0646 * DAP(cm)^2}$	54,86%	25,04	0,87
10	$h(m) = \frac{1}{0,232447 - 0,0445511 * \ln(DAP(cm))}$	66,52%	0,008	1,15
11	$h(m) = \sqrt{67,8934 + 0,0768351 * DAP(cm)^2}$	66,10%	14,54	0,69
12	$h(m) = \sqrt{63,4667 + 3,34157 * DAP(cm)}$	69,56%	18,65	0,73
13	$h(m) = \sqrt{98,6523 + 0,0946972 * DAP(cm)^2}$	54,48%	31,87	1,17
14	$h(m) = \frac{1}{0,0532907 + 0,414665/DAP(cm)}$	74,78%	0,004	0,79
15	$h(m) = \frac{1}{0,0514261 + 0,549458/DAP(cm)}$	76,21%	0,003	0,57

7.2.3. Resultados del análisis estadístico del diseminado

Se ha analizado la cantidad de diseminado por tratamientos para comprobar si existe alguna diferencia significativamente. Como paso previo a esto, se ha realizado el análisis estadístico (Kruskal-Wallis y Test Post-Hoc) para cada tratamiento por separado (variable diseminado en función de calidad de parcela), para comprobar si existen diferencias entre parcelas de la misma intervención y, por tanto, hay factores diferentes al tipo de tratamiento que también influyen sobre la regeneración.

Para facilitar el proceso, dentro de cada tipo de intervención, se ha numerado las tres parcelas de mayor a menor calidad en función de su altura dominante (Tabla 18), con el objetivo de eliminar los efectos de otros factores distintos al tipo de tratamiento. Con esto se presupone que los factores que tienen un efecto sobre el regenerado y no han sido estudiados tienen el mismo valor en todas las parcelas con el mismo número. Se asume el error derivado de esto, pues se trata de una aproximación que permitirá evaluar exclusivamente el efecto del tipo de tratamiento.

En los casos en los que en ningún tratamiento se han detectado diferencias entre parcelas, se ha vuelto a aplicar el análisis con todos los datos de diseminado de todos los tratamientos (variable diseminado en función de tipo de tratamiento) para detectar los posibles efectos del tipo de actuación sobre el regenerado.

Por el contrario, cuando sí se han detectado estas diferencias, se han usado los residuos resultantes de comparar todos los datos de diseminado en función de la calidad. Tomando estos residuos como variable y el tipo de tratamiento como factor, se ha vuelto a aplicar Kruskal-Wallis y el Post-Hoc.

Tabla 18. Distribución de calidades (en función de la altura dominante) entre parcelas de un mismo tratamiento

	CALIDAD ALTA (1)	CALIDAD MEDIA (2)	CALIDAD BAJA (3)
TEST	14	15	2
CBD	4	5	8
CBF	3	6	1
IRR	9	13	10
HUR	7	12	11

A continuación, se muestran primero los resultados de los tests de Kruskal-Wallis y el Post-Hoc de Tukey HSD realizados para cada tratamiento por separado (usando la calidad como factor) (Tablas 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28) y los realizados usando los residuos (considerando el tipo de tratamiento como factor) (Tablas 29 y 30). Los valores en rojo indican diferencias significativas.

Tabla 19. Prueba de Kruskal-Wallis para diseminado (pies/ha) por calidad en TEST. Nivel de confianza del 95%

TEST	TAMAÑO MUESTRA	RANGO PROMEDIO
1	24	24,8333
2	24	35,4583
3	24	49,2083

Estadístico = 16,3915 Valor-P = 0,000275821

Tabla 20. Pruebas de Múltiple Rangos para diseminado (pies/ha) por calidad en TEST. Método 95% Tukey HSD

CONTRASTE	SIG.	DIFERENCIA	+/- LÍMITES
1 - 2		-6875,0	14575,3
1 - 3	*	-36250,0	14575,3
2 - 3	*	-29375,0	14575,3

Tabla 21. Prueba de Kruskal-Wallis para diseminado (pies/ha) por calidad en CBD. Nivel de confianza del 95%

CBD	TAMAÑO MUESTRA	RANGO PROMEDIO
1	24	24,8333
2	24	35,4583
3	24	49,2083

Estadístico = 16,3915 Valor-P = 0,000275821

Tabla 23. Prueba de Kruskal-Wallis para diseminado (pies/ha) por calidad en CBF. Nivel de confianza del 95%

CBF	TAMAÑO MUESTRA	RANGO PROMEDIO
1	24	51,0625
2	24	31,8333
3	24	26,6042

Estadístico = 18,1983 Valor-P = 0,000111761

Tabla 25. Prueba de Kruskal-Wallis para diseminado (pies/ha) por calidad en IRR. Nivel de confianza del 95%

IRR	TAMAÑO MUESTRA	RANGO PROMEDIO
1	24	21,3542
2	24	44,2292
3	24	43,9167

Estadístico = 18,9064 Valor-P = 0,0000784378

Tabla 27. Prueba de Kruskal-Wallis para diseminado (pies/ha) por calidad en HUR. Nivel de confianza del 95%

HUR	TAMAÑO MUESTRA	RANGO PROMEDIO
1	24	34,3125
2	24	25,6667
3	24	49,5208

Estadístico = 16,0283 Valor-P = 0,000330752

Tabla 29. Prueba de Kruskal-Wallis para diseminado (pies/ha) por tratamiento. Nivel de confianza del 95%

TEST	TAMAÑO MUESTRA	RANGO PROMEDIO
TEST	72	106,674
CBD	72	193,243
CBF	72	196,667
IRR	72	198,444
HUR	72	207,472

Estadístico = 46,0542 Valor-P = 2,39969E-9

Tabla 22. Pruebas de Múltiple Rangos para diseminado (pies/ha) por calidad en CBD. Método 95% Tukey HSD

CONTRASTE	SIG.	DIFERENCIA	+/- LÍMITES
1 - 2		-6875,0	14575,3
1 - 3	*	-36250,0	14575,3
2 - 3	*	-29375,0	14575,3

Tabla 24. Pruebas de Múltiple Rangos para diseminado (pies/ha) por calidad en CBF. Método 95% Tukey HSD

CONTRASTE	SIG.	DIFERENCIA	+/- LÍMITES
1 - 2	*	23645,8	14263,5
1 - 3	*	29166,7	14263,5
2 - 3		5520,83	14263,5

Tabla 26. Pruebas de Múltiple Rangos para diseminado (pies/ha) por calidad en IRR. Método 95% Tukey HSD

CONTRASTE	SIG.	DIFERENCIA	+/- LÍMITES
1 - 2	*	-23437,5	16774,5
1 - 3	*	-21354,2	16774,5
2 - 3		2083,33	16774,5

Tabla 28. Pruebas de Múltiple Rangos para diseminado (pies/ha) por calidad en HUR. Método 95% Tukey HSD

CONTRASTE	SIG.	DIFERENCIA	+/- LÍMITES
1 - 2		14010,4	18460,9
1 - 3	*	-19062,5	18460,9
2 - 3	*	-33072,9	18460,9

Tabla 30. Pruebas de Múltiple Rangos para diseminado (pies/ha) por tratamiento. Método 95% Tukey HSD

CONTRASTE	SIG.	DIFERENCIA	+/- LÍMITES
CBD - CBF		-2500,0	10829,7
CBD - HUR		-5538,2	10829,7
CBD - IRR		-3055,56	10829,7
CBD - TEST	*	14600,7	10829,7
CBF - HUR		-3038,19	10829,7
CBF - IRR		-555,556	10829,7
CBF - TEST	*	17100,7	10829,7
HUR - IRR		2482,64	10829,7
HUR - TEST	*	20138,9	10829,7
IRR - TEST	*	17656,3	10829,7

7.2.4. Resultados del análisis estadístico del regenerado establecido

A continuación, se muestran los resultados del análisis estadístico de la cantidad de regenerado establecido en función del tipo de tratamiento. Se ha seguido la misma metodología que para el caso del diseminado. Como solo existen diferencias significativas entre las parcelas de clara baja débil (Tablas 31, 32, 33, 34, 35, 36), se ha aplicado directamente la prueba de Kruskal-Wallis y el Post-Hoc sobre todos los datos de regenerado en función del tipo de tratamiento (Tablas 37 y 38). Los valores en rojo indican diferencias significativas.

Tabla 31. Prueba de Kruskal-Wallis para regenerado establecido (pies/ha) por calidad en TEST. Nivel de confianza del 95%

TEST	TAMAÑO MUESTRA	RANGO PROMEDIO
1	24	35,5
2	24	35,5
3	24	38,5

Estadístico = 4,05714 Valor-P = 0,131523

Tabla 32. Prueba de Kruskal-Wallis para regenerado establecido (pies/ha) por calidad en CBF. Nivel de confianza del 95%

CBF	TAMAÑO MUESTRA	RANGO PROMEDIO
1	24	35,4792
2	24	34,0
3	24	40,0208

Estadístico = 5,55907 Valor-P = 0,0620674

Tabla 33. Prueba de Kruskal-Wallis para regenerado establecido (pies/ha) por calidad en CBD. Nivel de confianza del 95%

CBD	TAMAÑO MUESTRA	RANGO PROMEDIO
1	24	35,5
2	24	32,5
3	24	41,5

Estadístico = 7,73875 Valor-P = 0,0208714

Tabla 34. Pruebas de Múltiple Rangos para diseminado (pies/ha) por calidad en CBD. Método 95% Tukey HSD

CONTRASTE	SIG.	DIFERENCIA	+/- LÍMITES
1 - 2		156,25	419,476
1 - 3		-312,5	419,476
2 - 3	*	-468,75	419,476

Tabla 35. Prueba de Kruskal-Wallis para regenerado establecido (pies/ha) por calidad en IRR. Nivel de confianza del 95%

IRR	TAMAÑO MUESTRA	RANGO PROMEDIO
1	24	35,4792
2	24	34,0
3	24	40,0208

Estadístico = 5,55907 Valor-P = 0,0620674

Tabla 36. Prueba de Kruskal-Wallis para regenerado establecido (pies/ha) por calidad en HUR. Nivel de confianza del 95%

HUR	TAMAÑO MUESTRA	RANGO PROMEDIO
1	24	35,4792
2	24	34,0
3	24	40,0208

Estadístico = 5,55907 Valor-P = 0,0620674

Tabla 37. Prueba de Kruskal-Wallis para regenerado establecido (pies/ha) por tratamiento. Nivel de confianza del 95%

	TAMAÑO MUESTRA	RANGO PROMEDIO
CBD	72	141,722
CBF	72	135,167
HUR	72	292,375
IRR	72	204,389
TEST	72	128,847

Estadístico = 192,1 Valor-P = 0

Tabla 38. Pruebas de Múltiple Rangos para regenerado establecido (pies/ha) por tratamiento. Método 95% Tukey HSD

CONTRASTE	SIG.	DIFERENCIA	+/- LÍMITES
CBD - CBF		86,8056	1924,62
CBD - HUR	*	-7500,0	1924,62
CBD - IRR	*	-2170,14	1924,62
CBD - TEST		173,611	1924,62
CBF - HUR	*	-7586,81	1924,62
CBF - IRR	*	-2256,94	1924,62
CBF - TEST		86,8056	1924,62
HUR - IRR	*	5329,86	1924,62
HUR - TEST	*	7673,61	1924,62
IRR - TEST	*	2343,75	1924,62

7.2.5. Resultados del análisis estadístico de la cobertura de matorral

Para el análisis de la cobertura de matorral se han seguido los mismos pasos que en el caso del diseminado. Como no se han encontrado diferencias significativas entre parcelas del mismo tratamiento, se presentan directamente los resultados de los análisis de Kruskal-Wallis y el Post-Hoc para la cobertura de las tres especies en función del tipo de tratamiento (Tablas 39, 40, 41, 42, 43, 44). Los valores en rojo indican diferencias significativas.

Tabla 39. Prueba de Kruskal-Wallis para *Quercus ilex* por tratamiento con un nivel de confianza del 95%

	TAMAÑO MUESTRA	RANGO PROMEDIO
TEST	72	210,285
CBD	72	171,278
CBF	72	183,819
IRR	72	162,403
HUR	72	174,715

Estadístico = 9,6715 Valor-P = 0,0463401

Tabla 41. Prueba de Kruskal-Wallis para *Juniperus oxycedrus* por tratamiento con un nivel de confianza del 95%

	TAMAÑO MUESTRA	RANGO PROMEDIO
TEST	72	173,243
CBD	72	175,681
CBF	72	168,688
IRR	72	184,729
HUR	72	200,16

Estadístico = 5,43173 Valor-P = 0,245796

Tabla 43. Prueba de Kruskal-Wallis para *Ulex parviflorus* por tratamiento con un nivel de confianza del 95%

	TAMAÑO MUESTRA	RANGO PROMEDIO
TEST	72	164,618
CBD	72	165,292
CBF	72	124,535
IRR	72	261,667
HUR	72	186,389

Estadístico = 92,1151 Valor-P = 0

Tabla 40. Pruebas de Múltiple Rangos para *Quercus ilex* por tratamiento. Método 95% Tukey HSD

CONTRASTE	SIG.	DIFERENCIA	+/- LÍMITES
CBD - CBF		1,01389	4,47471
CBD - HUR		0,388889	4,47471
CBD - IRR		1,04167	4,47471
CBD - TEST		-3,72917	4,47471
CBF - HUR		-0,625	4,47471
CBF - IRR		0,0277778	4,47471
CBF - TEST	*	-4,74306	4,47471
HUR - IRR		0,652778	4,47471
HUR - TEST		-4,11806	4,47471
IRR - TEST	*	-4,77083	4,47471

Tabla 42. Pruebas de Múltiple Rangos para *Juniperus oxycedrus* por tratamiento. Método 95% Tukey HSD

CONTRASTE	SIG.	DIFERENCIA	+/- LÍMITES
CBD - CBF		1,43056	4,77115
CBD - HUR		-3,72222	4,77115
CBD - IRR		0,604167	4,77115
CBD - TEST		-2,125	4,77115
CBF - HUR	*	-5,15278	4,77115
CBF - IRR		-0,826389	4,77115
CBF - TEST		-3,55556	4,77115
HUR - IRR		4,32639	4,77115
HUR - TEST		1,59722	4,77115
IRR - TEST		-2,72917	4,77115

Tabla 44. Pruebas de Múltiple Rangos para *Ulex parviflorus* por tratamiento. Método 95% Tukey HSD

CONTRASTE	SIG.	DIFERENCIA	+/- LÍMITES
CBD - CBF		2,8125	6,97124
CBD - HUR		-5,31944	6,97124
CBD - IRR	*	-18,8056	6,97124
CBD - TEST		2,15972	6,97124
CBF - HUR	*	-8,13194	6,97124
CBF - IRR	*	-21,6181	6,97124
CBF - TEST		-0,652778	6,97124
HUR - IRR	*	-13,4861	6,97124
HUR - TEST	*	7,47917	6,97124
IRR - TEST	*	20,9653	6,97124

7.2.6. Resultados del análisis estadístico de los crecimientos

Para el análisis estadístico de los parámetros relacionados con el crecimiento de la masa, se ha seguido el mismo procedimiento que en la evaluación del diseminado. Como no se han detectado diferencias significativas entre parcelas del mismo tratamiento, se presentan directamente los resultados de los análisis de Kruskal-Wallis y el Post-Hoc para el crecimiento corriente en diámetro medio (que es el único que ha resultado favorable) en función del tipo de tratamiento (Tablas 45 y 46). Los valores en rojo indican diferencias significativas.

Tabla 45. Prueba de Kruskal-Wallis para ica Dg (cm/año) por tratamiento con un nivel de confianza del 95%

	TAMAÑO MUESTRA	RANGO PROMEDIO
TEST	3	2
CBD	3	5,66667
CBF	3	7,33333
HUR	3	13
IRR	3	12
Estadístico = 12,4333		Valor-P = 0,0144037

Tabla 46. Pruebas de Múltiple Rangos para ica Dg (cm/año) por tratamiento. Método 95% Tukey HSD

CONTRASTE	SIG.	DIFERENCIA	+/- LÍMITES
CBD - CBF		-0,020938	0,177071
CBD - HUR	*	-0,208131	0,177071
CBD - IRR	*	-0,203594	0,177071
CBD - TEST		0,0516071	0,177071
CBF - HUR	*	-0,187193	0,177071
CBF - IRR	*	-0,182656	0,177071
CBF - TEST		0,0725451	0,177071
HUR - IRR		0,00453665	0,177071
HUR - TEST	*	0,259738	0,177071
IRR - TEST	*	0,255201	0,177071

7.3. Tablas de producción de Montero *et al.* (2001)

7.3.1. Tabla de producción para la calidad 14 con claras moderadas:

Tabla 47. Tabla de producción para la calidad 14 con claras moderadas. Fuente: Montero *et al.* (2001)

EDAD	Ho	MASA PRINCIPAL ANTES DE LAS CLARAS					MASA EXTRAÍDA				MASA PRINCIPAL DESPUÉS DE LAS CLARAS				MASA TOTAL	CRECIMIENTO EN VOLUMEN	
		N	Hg	Dg	AB	V	N	Dg	AB	V	N	Dg	AB	V	VT	ima	ica
años	m	pies/ha	m	cm	m ² /ha	m ³ /ha	pies/ha	cm	m ² /ha	m ³ /ha	pies/ha	cm	m ² /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha-año	m ³ /ha-año
20	5.7	1586	4.6	8.5	9.0	24.7	105	3.0	0.1	0.2	1481	8.8	9.1	24.7	24.9	1.2	–
30	7.8	1481	6.6	11.3	15.0	53.3	139	4.7	0.2	1.2	1342	11.8	14.7	52.1	53.3	1.8	2.9
40	9.6	1342	8.2	13.9	20.3	85.0	336	7.6	1.5	8.2	1006	15.4	18.8	77.4	85.6	2.1	3.3
50	11.0	1006	9.5	17.1	23.2	107.1	29	9.9	0.2	9.3	977	17.3	23.0	105.9	115.2	2.3	3.0
60	12.2	977	10.6	18.7	26.8	134.5	180	11.7	1.9	19.7	797	19.9	24.9	123.6	143.3	2.4	2.9
70	13.2	797	11.4	21.1	27.9	147.2	113	13.3	1.6	28.7	684	22.1	26.3	137.9	166.6	2.4	2.4
80	14.0	684	12.2	23.1	28.6	157.4	76	14.7	1.3	36.3	608	23.9	27.3	149.5	185.7	2.3	1.9
90	14.7	608	12.8	24.7	29.1	165.5	53	15.8	1.0	42.6	554	25.4	28.1	158.9	201.5	2.2	1.6
100	15.2	554	13.3	26.0	29.5	172.0	39	16.7	0.9	47.9	515	26.6	28.6	166.5	214.5	2.1	1.3
110	15.7	515	13.7	27.1	29.8	177.3	29	17.4	0.7	52.4	486	27.6	29.1	172.8	225.1	2.0	1.1
120	16.0	486	14.0	28.0	30.0	181.6	–	–	–	–	–	–	–	–	234.0	2.0	0.9

7.3.2. Tabla de producción para la calidad 17 con claras moderadas:

Tabla 48. Tabla de producción para la calidad 17 con claras moderadas. Fuente: Montero *et al* (2001)

EDAD	Ho	MASA PRINCIPAL ANTES DE LAS CLARAS					MASA EXTRAÍDA				MASA PRINCIPAL DESPUÉS DE LAS CLARAS				MASA TOTAL	CRECIMIENTO EN VOLUMEN	
		N	Hg	Dg	AB	V	N	Dg	AB	V	N	Dg	AB	V	VT	ima	ica
años	m	pies/ha	m	cm	m ² /ha	m ³ /ha	pies/ha	cm	m ² /ha	m ³ /ha	pies/ha	cm	m ² /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha-año	m ³ /ha-año
20	6.9	1264	5.8	11.1	12.1	38.6	6	3.0	0.0	0.0	1258	11.1	12.1	38.6	38.6	1.9	–
30	9.5	1258	8.1	14.1	19.7	81.8	396	7.7	1.8	8.3	862	16.3	17.9	72.7	81.0	2.7	4.3
40	11.7	862	10.0	18.8	23.9	114.4	286	11.3	2.9	23.2	576	21.5	21.0	98.6	121.8	3.0	4.2
50	13.4	576	11.6	23.6	25.2	132.9	60	14.3	1.0	28.7	516	24.5	24.3	127.2	155.8	3.1	3.4
60	14.8	516	12.9	26.2	27.8	158.2	41	16.4	0.9	34.0	475	26.8	26.9	152.7	186.6	3.1	3.1
70	16.0	475	14.0	28.2	29.8	179.9	11	18.1	0.3	35.9	464	28.4	29.5	178.0	213.8	3.1	2.7
80	17.0	464	14.9	29.6	31.9	202.1	52	19.6	1.6	46.3	412	30.6	30.4	191.3	237.6	3.0	2.4
90	17.8	412	15.6	31.6	32.3	211.1	36	20.9	1.2	55.0	376	32.4	31.0	202.2	257.2	2.9	2.0
100	18.5	376	16.2	33.2	32.5	218.4	26	22.0	1.0	62.2	349	33.9	31.5	211.0	273.1	2.7	1.6
110	19.0	349	16.7	34.5	32.7	224.3	20	22.9	0.8	68.1	330	35.1	31.9	218.1	286.2	2.6	1.3
120	19.5	330	17.1	35.6	32.9	229	–	–	–	–	–	–	–	–	297.1	2.5	1.1

7.4. Memoria fotográfica

A continuación, se muestran las imágenes más representativas de cada tratamiento. Se incluyen fotografías tanto de la masa previa como de la masa posterior a las cortas.



Figura 20. Parcela 8 antes de las cortas. La imagen es la evolución de una clara baja débil. Fuente: elaboración propia



Figura 11. Parcela 8 después de un tratamiento de cortas preparatorias. Fuente: elaboración propia



Figura 22. Parcela 6 (CBF) antes de las cortas. Fuente: elaboración propia



Figura 23. Parcela 3 (CBF) después de las cortas. Fuente: elaboración propia



Figura 24. Parcela 9 (PASO A IRREGULAR) antes de las cortas. Fuente: elaboración propia



Figura 25. Parcela 7 (HURONEO) antes de las cortas. Fuente: elaboración propia



Figura 26. Parcela 12 (HURONEO) después de las cortas. Fuente: elaboración propia



Figura 27. Parcela 14 (TESTIGO) antes de la retirada de los pies muertos. Fuente: elaboración propia



Figura 28. Parcela 15 (TESTIGO) después de la retirada de los pies muertos. Fuente: elaboración propia