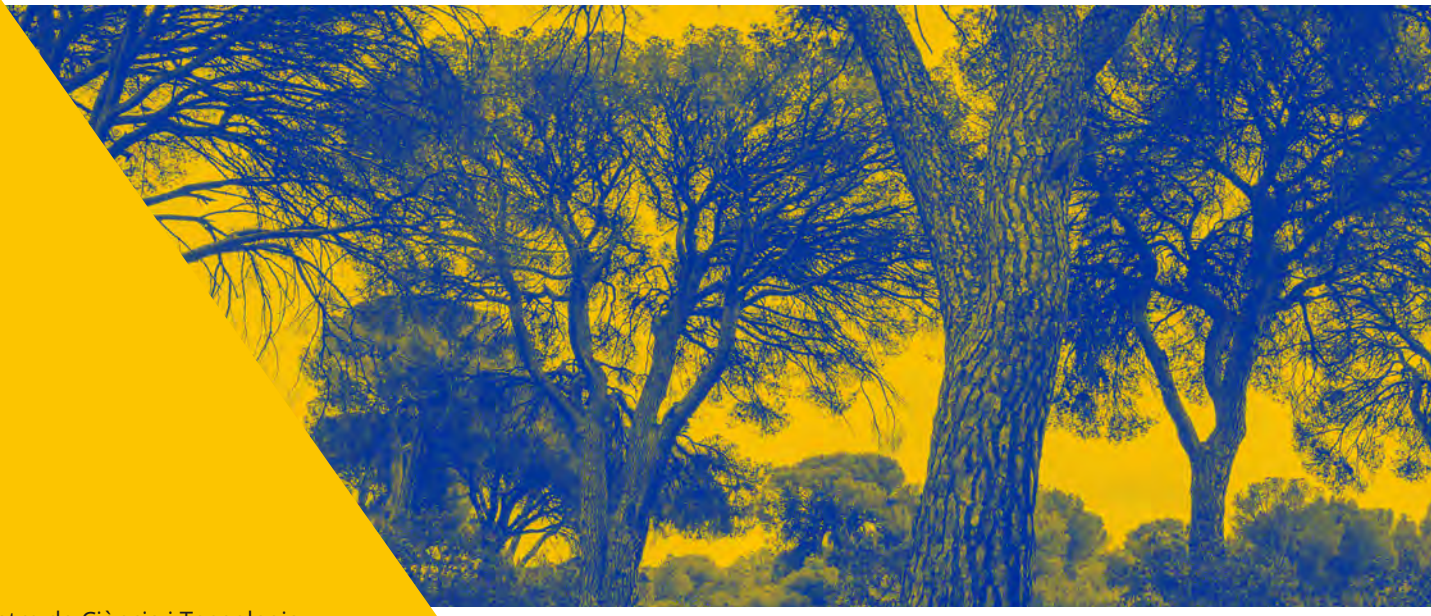
Interreg
POCTEFA
UNIÓN EUROPEA
UNION EUROPÉENNE
QUALITY_PINEA

Gestión de las masas y plantaciones de pino piñonero en Cataluña y los Pirineos Orientales: **viabilidad de producción de piñón**



Edita
© Centre de Ciència i Tecnologia Forestal
de Catalunya (CTFC)

Autoría
Mario Beltrán
Mar Pallarés
Jaime Coello
Eduard Busquets
Míriam Piqué

Participación técnica
Roser Mundet (CFC)
Josep Maria Tusell, Xavier Llosa, Joan Rovira (CSF)
Bruno Mariton, Elsa Sourdrill, Marie Dusart, Benoit Lecomte (CNPF)
El proyecto Quality Pinea ha contado con un Comité de Pilotaje formado por: Joan Botey, Carlos Vaello, Xavier Fàbregas, Michele Curel, Jesús Alberto del Río, Joaquim Rodríguez, Ester Blanco, Francisco González, Josep Pou, David Meya.

EFA221/16/QUALITY PINEA: Innovación y mejora de la competitividad en la producción y aprovechamiento de piñón de *Pinus pinea*.
El proyecto EFA221/16/QUALITY_PINEA está cofinanciado al 65% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del Programa Interreg V-A España-Francia-Andorra (POCTEFA 2014-2020).

Primera edición: febrero 2022

Diseño y maquetación: Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Catalunya (CTFC)

La reproducción total o parcial únicamente se puede realizar con finalidades docentes o de investigación, indicando la fuente y el nombre de los autores y autoras de la obra.

Cita sugerida: Beltrán, M.; Pallarés, M.; Coello, J.; Busquets, E.; Piqué, M. (2022). *Gestión de las masas y plantaciones de pino piñonero en Cataluña y los Pirineos Orientales: viabilidad de producción de piñón.* Proyecto Quality Pinea. 52 p.

Socios:

CTFC CNPF Cooperativa Forestal

CONTENIDO

1. El pino piñonero en Cataluña y Pirineos Orientales **5**

1.1. Características generales y distribución 6

1.2. Características selvícolas y dasométricas según tipologías forestales 8

1.3. Funciones y productos 9

2. Producción de piña **11**

2.1. Factores que afectan a la producción 12

2.2. Producción de piña en Cataluña y Pirineos Orientales 13

2.3. Plantaciones injertadas 15

3. Estimación de la producción de un rodal forestal **17**

3.1. Métodos 18

3.1.1. Tablas de producción 18

3.1.2. Modelos de producción 18

3.1.3. Estimación visual 19

3.1.4. Uso de drones y sensores multiespectrales 20

3.2. Estimación de la producción en Cataluña y Pirineos Orientales 21

4. Demanda actual y futura de piña y piñón en Cataluña y Pirineos Orientales **23**

4.1. Mercado actual de piña y piñón 24

4.2. Perspectivas futuras 26

5. Propuesta de gestión para las masas de piñonero de Cataluña y Pirineos Orientales **27**

5.1. Propuestas de gestión según la tipología de masa 28

5.2. Itinerarios de gestión 32

5.2.1. Plantaciones para la producción de piña 32

5.2.2. Otras plantaciones que pueden gestionarse para la producción de piña 33

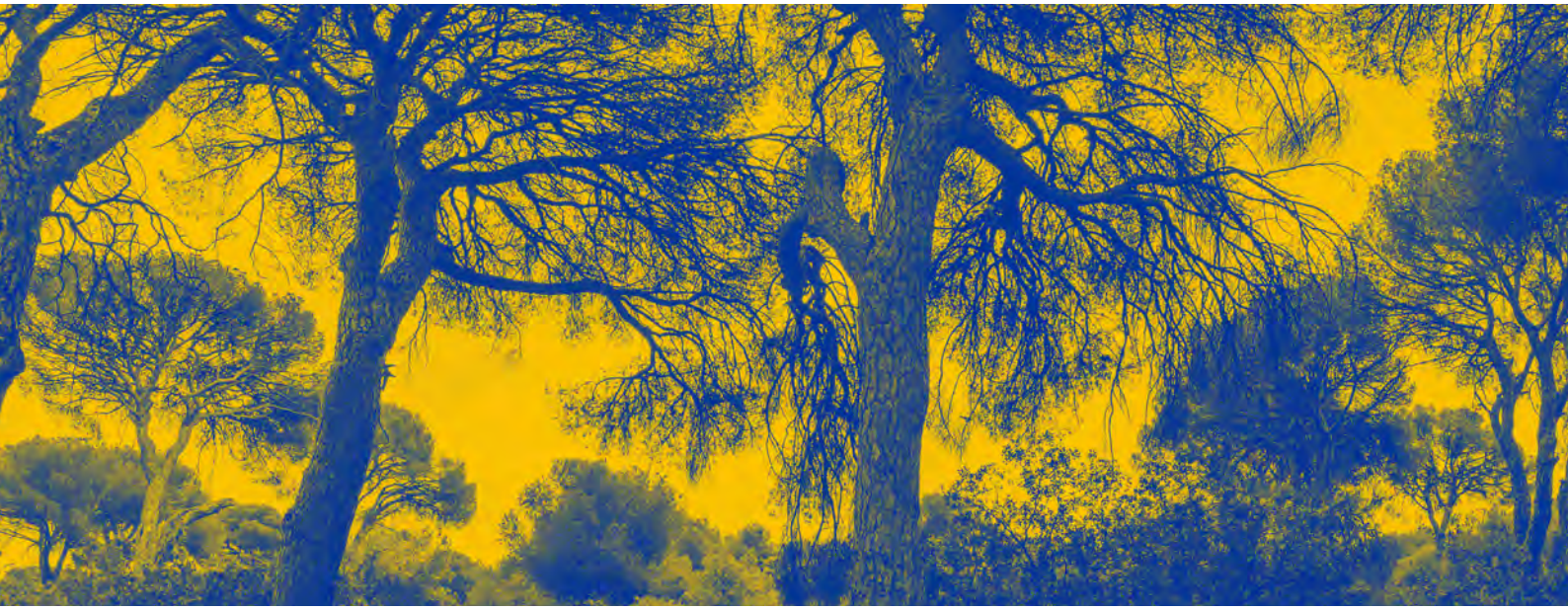
5.2.3. Masas naturalizadas puras que pueden gestionarse para la producción de piña 34

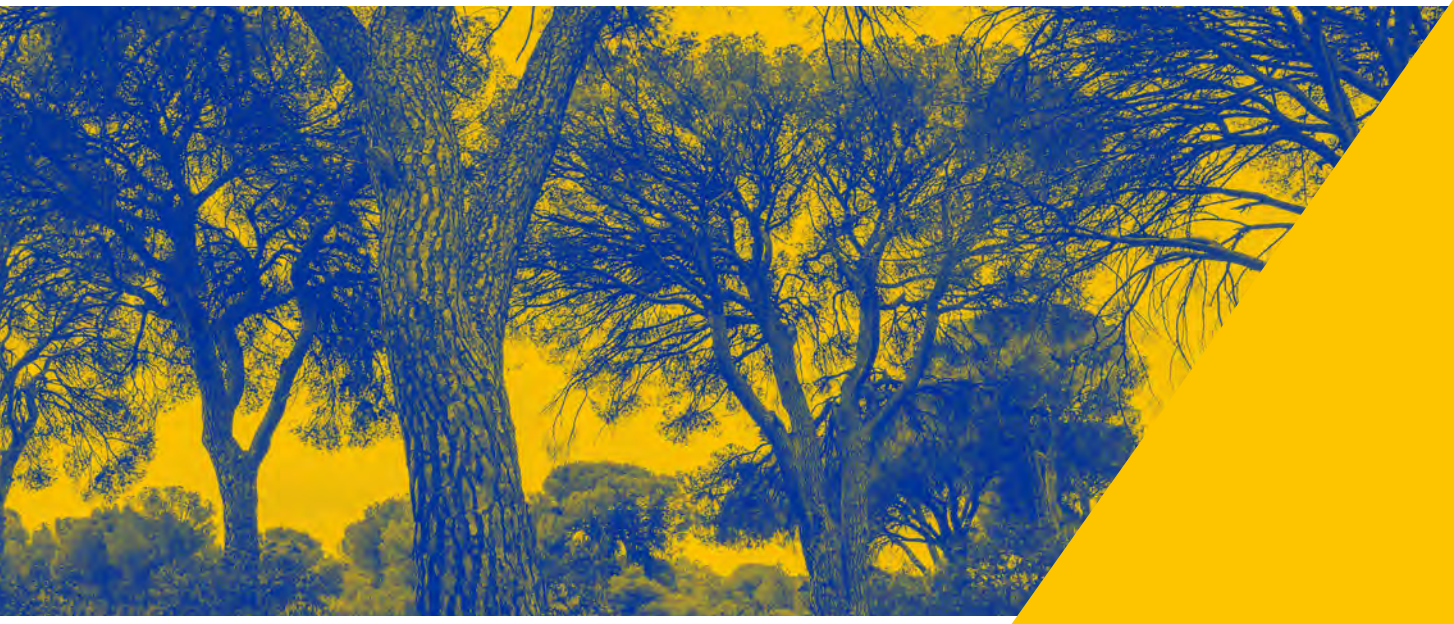
5.2.4. Masas naturalizadas mixtas que pueden gestionarse para la producción de piña 35

5.3. Condiciones técnicas de aplicación de los modelo 35

6. Bibliografía **39**

7. Anexos **43**





1. El pino piñonero en Cataluña y Pirineos Orientales

1. El pino piñonero en Cataluña y Pirineos Orientales

1.1. Características generales y distribución

El pino piñonero (*Pinus pinea* L.) tiene como característica principal la **capacidad de producir piñón comestible**. La piña necesita tres años para madurar, desde la aparición de la inflorescencia, y los piñones se dispersan por gravedad y zoocoria protegidos por una cubierta leñosa muy dura, en comparación con el resto de pinos ibéricos (Figura 1).

Aunque este pino mediterráneo es capaz de vegetar en gran variedad de climas y suelos, con algunas combinaciones de condiciones poco favorables, en entornos ecológicos adecuados puede desarrollarse significativamente hasta superar los 30 m de altura y los 120 cm de diámetro normal, y generar además copas de hasta 40 m de diámetro en condiciones de crecimiento libre (Figura 2).

En función de la estación que ocupa, el pino piñonero se desarrolla para crear una estructura capaz de mantener el peso de las piñas y, a la vez, una forma de parasol que facilite la insolación directa de buena parte de la copa, lo cual estimula la producción de inflorescencias que darán lugar a las piñas. La generación de piñas y piñones viables se produce a una edad cercana a los 20 años, durante los cuales el árbol ha centrado su actividad en el crecimiento del tronco y las ramas principales para generar así la estructura necesaria para la fructificación. Con todo, este pino también manifiesta una vecería en la producción y otras variaciones asociadas a sequías u otros eventos meteorológicos significativos.

A escala mundial, la **distribución** del pino piñonero ha estado condicionada por el uso humano de la especie desde la antigüedad. Actualmente se centra en las zonas bajas del Mediterráneo con influencia marítima y, en menor medida, en el interior peninsular. Puede encontrarse también en otras zonas, generalmente debido a su plantación para uso ornamental o para la producción de piña.

Figura 1. Piñas y piñones de pino piñonero con y sin cáscara. Fotos de CSF y CTFC.

Figura 2. El pino piñonero se caracteriza por su gran copa aparasolada. Foto de Mario Beltrán.

En el ámbito de Cataluña y Pirineos Orientales, **las masas forestales con dominancia de *Pinus pinea*** ocupan unas 43.400 ha, de las cuales 18.000 son masas puras y alrededor de 25.400 forman masas mixtas, lo que supone alrededor del 2,5% de toda la cubierta forestal de Cataluña y menos del 1,5% de la de los Pirineos Orientales, según la información cartográfica del *Mapa Forestal Español 1:25.000* de 2016 y la *Carte Forestière* v2 de 2018, respectivamente (Figura 3).

En cuanto a las **masas mixtas**, y no habiendo identificado ninguna en los Pirineos Orientales, en Cataluña las mezclas con frondosas (encina y alcornoque, principalmente) representan un 44% del total de masas de pino piñonero, mientras que las mezclas con otras coníferas (en general pino carrasco y pino marítimo) suponen un 16% del total (Tabla 1). La distribución por tipologías en la zona de estudio puede consultarse en el documento del proyecto *Cartografía y características dasométricas de las masas y plantaciones de pino piñonero en el ámbito POCTEFA (Cataluña y Pirineos Orientales)*, de Busquets *et al*. (2021).

De la superficie total de masas de pino piñonero, se considera que a unas 2.460 ha (5,7%) puede asignárseles un **origen de plantación**, de las cuales un tercio (879 ha) se ubican en los Pirineos Orientales. Según la tipología de estas plantaciones, 2.000 ha se identifican como masas puras y unas 460 ha, como masas mixtas.

Figura 3. Masas forestales de pino piñonero en el ámbito de Cataluña y Pirineos Orientales. Datos del MFE25 y la CFv2.

Tabla 1. Superficie de las masas de Pinus pinea L. *en el ámbito de estudio según su tipología forestal (ND corresponde a masas con presencia de pino piñonero cuya tipología no ha podido ser definida por falta de información). Fuente: Busquets* et al. *(2021).*

Tipología de masa	Cataluña	Pirineos Orientales	Total
Masas puras de pino piñonero	15.144 (37%)	2.923	18.067
Masas mixtas de pino piñonero con frondosas	17.755 (44%)		17.755
Masas mixtas de pino piñonero con coníferas	6.487 (16%)		6.487
Otras masas mixtas de pino piñonero	895 (2%)		895
ND	266 (0,7%)		266
Total	**40.548**	**2.923**	**43.470**

1.2. Características selvícolas y dasométricas según tipologías forestales

Las masas forestales de pino piñonero existentes (incluidas las plantaciones) presentan una gran variedad de características. A pesar de las posibles diferencias a escala regional, los valores medios de las principales **variables dasométricas** permiten definir orientativamente las estructuras que suelen formarse en estos montes (Tabla 2; Figura 4), que acostumbran a ser demasiado densos y con árboles demasiado altos para la producción de piña.

Tabla 2. Características selvícolas medias de las diferentes tipologías de masas de pino piñonero en el ámbito de estudio. Dm: diámetro medio, AB: área basimétrica, Hm: altura media, VCC: volumen con corteza, FCC: fracción de cabida cubierta, Nt: densidad total. Fuente: Busquets et al. *(2021).*

Variable	Unidades	Medida	Cataluña			Pirineos Orientales
			Masas puras	Masas mixtas con frondosas	Masas mixtas con coníferas	Masas puras
Dm	*cm*	μ	38,22	35,90	36,94	19,59
		σ	9,20	11,06	11,11	3,66
AB	m^2/ha	μ	25,58	27,40	24,79	15,82
		σ	11,46	8,72	7,19	4,04
Hm	*m*	μ	10,95	11,00	10,86	7,10
		σ	2,71	2,11	2,20	1,09
VAE	m^3/ha	μ	239,88	228,55	221,39	16,96
		σ	230,73	142,45	121,84	3,23
FCC	*%*	μ	67,80	70,52	64,22	
		σ	20,18	20,72	20,29	
N_t	*peus/ha*	μ	293	429	322	568
		σ	512	464	264	222

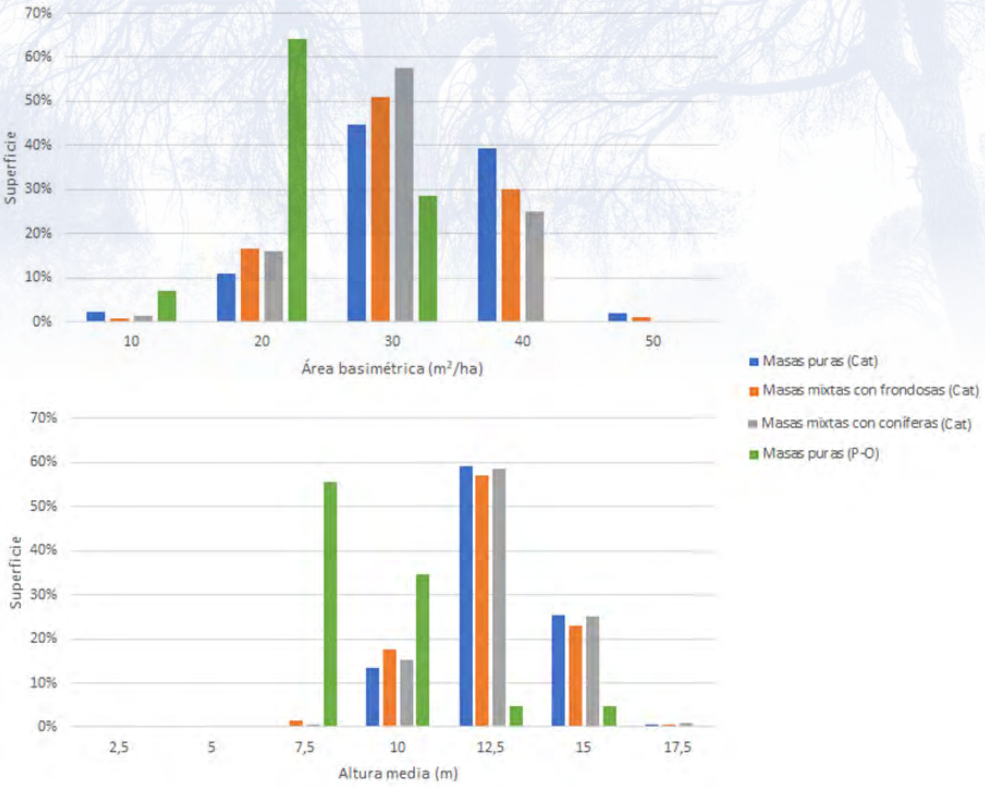


Figura 4. Área basimétrica y altura media de las distintas masas de pino piñonero. Fuente: Busquets et al. (2021).

En lo que respecta exclusivamente a las **plantaciones**, estas tienen características muy diversas. Las plantaciones con un objetivo explícito de producción de piña suelen tener estructuras regulares y abiertas, con edades no superiores a los 40 años y una escasa o nula presencia de otras especies. En contraste, las plantaciones realizadas por motivos ambientales, como la fijación de terrenos o la restauración paisajística, suelen tener estructuras más heterogéneas, con presencia de otras especies y edades mucho más avanzadas.

1.3. Funciones y productos

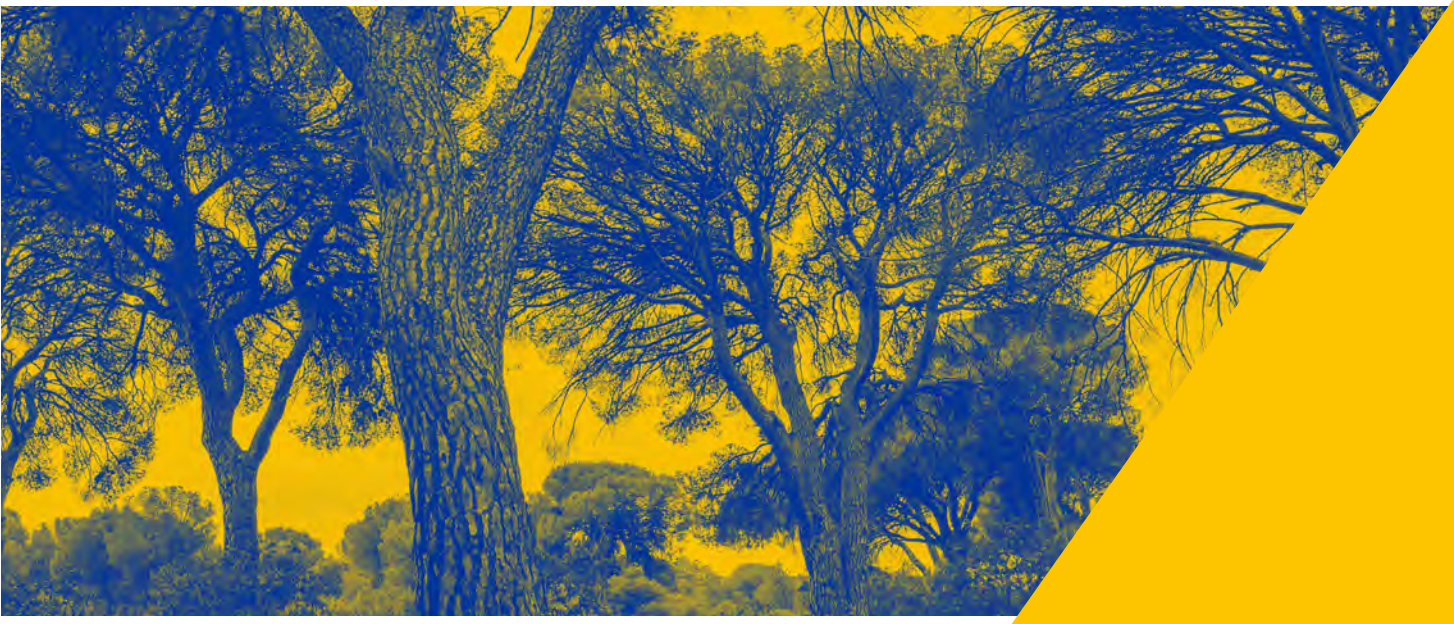
El pino piñonero es una especie muy apreciada por el amplio abanico de productos y funciones que ofrece, siendo la **producción de grandes piñones comestibles** la característica principal (Piqué *et al.*, 2015) y la que puede darle un mayor valor económico.

Entre las **otras funciones** que proporciona, como su alto valor estético (Figura 5) y la producción de madera, cabe destacar su idoneidad como protectora de espacios con características edáficas pobres, de manera que la especie se ha usado ampliamente en restauraciones hidrológico-forestales y en forestaciones para la fijación de dunas. Además, en los inicios del siglo XX, e incluso antes, se realizaron siembras y plantaciones en zonas de cultivo de viña afectadas por la filoxera.

Figura 5. Un campo de golf con cubierta arbolada de pino piñonero. Foto de Míriam Piqué.

Recientemente, las plantaciones para la producción de piñón se han abordado con técnicas agronómicas, incluyendo el injerto (Figura 6) de púas seleccionadas de bancos clonales sobre patrones de pino piñonero o pino carrasco para facilitar la implantación productiva en una mayor variedad de suelos (Piqué *et al.*, 2013; Guàrdia *et al.*, 2021).

Figura 6. Inserción de la púa en la base durante el injerto (izquierda), sujeción del injerto (centro) e injerto cicatrizado (derecha) para la producción de piña. Fotos de Hajer Othmani.



2. Producción de piña

2. Producción de piña

2.1. Factores que afectan a la producción

Los **principales factores** que afectan a la productividad están relacionados con características intrínsecas y extrínsecas del árbol individual, de la masa en su conjunto y de la localización geográfica. La propia genética es uno de los factores intrínsecos al árbol que afecta a la productividad de piñas (Mutke *et al*., 2013). En cuanto a los factores extrínsecos, Piqué y Baiges (2009) identifican los siguientes como principales, según si tienen que ver con características del árbol o de la masa:

- Árbol: diámetro, sección normal, dimensión e iluminación de la copa y número de crecimientos apicales por unidad de superficie.
- Masa: densidad y estructura (Figura 7).
- Estación: calidad (factores intrínsecos y extrínsecos).

Figura 7. Plantación con densidades bajas y árboles con copas bien desarrolladas (arriba) y masa con densidades altas y árboles con baja capacidad de producción de piñas (abajo). Fotos de AGS-CTFC.

Cuando los árboles están más desarrollados y mejor conformados tienen capacidades productoras más elevadas, de modo que la producción de piñas aumenta con el diámetro, la sección normal y las dimensiones de la copa, y es también mayor en buenas calidades de estación.

Por el contrario, en masas con densidades altas el crecimiento de los pies individuales es menor, por lo que se dan producciones de piña inferiores, en comparación con masas poco densas. Además de la cantidad de piñas producidas, su peso también aumenta en plantaciones menos densas.

Otros factores que influyen en la producción de piña son las condiciones climáticas, las enfermedades y las plagas. De hecho, se atribuye a la sequía y a la plaga del *Leptoglossus occidentalis* la disminución que ha padecido la producción de piña en Cataluña en los últimos años (De la Mata *et al.*, 2019; Calama *et al.*, 2020a; Coello *et al*., 2020).

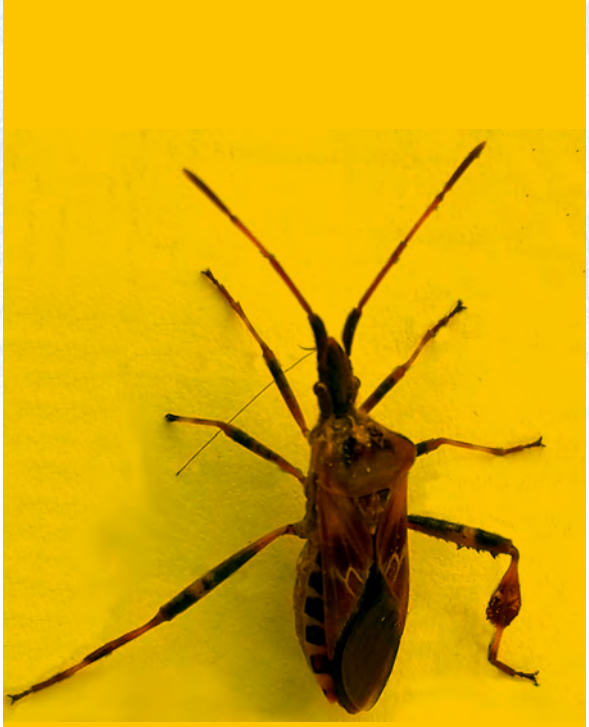


*Figura 8. Individuo de chinche americana del pino (*Leptoglossus occidentalis*). Foto de AGS-CTFC.*

2.2. Producción de piña en Cataluña y Pirineos Orientales

A partir de los estudios de Piqué (2003, 2009) se obtiene que, en el caso de Cataluña, la **producción media de piña** es muy variable: en el periodo 1999-2008, los valores medios fluctuaron entre 200 y 1.200 kg/ha/año, con una media de unos 750 kg/ha/año (Piqué, 2009). Esta cifra supondría unas 25.000 t anuales, si se considerara la superficie total actual de masas de pino piñonero, de las cuales unas 13.500 provendrían de masas puras.

En cuanto al **rendimiento medio de piñones por piña**, los datos del mismo periodo 1999-2008 indicaban que 1 kg de piñas en verde (3 o 4 piñas) conten*ía* unos 150 g de piñón con cáscara (unos 240 piñones) y unos 35-40 g de piñón blanco. No obstante, cabe tener en cuenta que actualmente, con la afectación de *Leptoglossus*, **el rendimiento en el ámbito de estudio se ha reducido significativamente**. Según Calama *et al.* (2020b), comparando las observaciones de periodos anteriores a 2005 y posteriores a 2012, el rendimiento de piñón con cáscara respecto al peso de las piñas verdes ha bajado del 13,79% al 11,33% y el de piñón blanco respecto a piñón con cáscara, del 16,63% al 12,29% (rendimiento global de piñón blanco respecto a piñas verdes del 2,36% al 1,55%). Mientras, el porcentaje de piñón dañado ha aumentado del 23% al 56%, e incluso el número de piñones por piña se ha reducido del 65,6 al 52,9.

Los datos de la Dirección General de Ecosistemas Forestales y Gestión del Medio del Departamento de Agricultura de la Generalitat de Catalunya proporcionados por el Observatorio Forestal Catalán también muestran una reducción importante de la recolección de piñas y consumo de piñones en el periodo posterior a 2013 (Tabla 3).

Así, asumiendo un rendimiento medio del 2%, las 25.000 t potenciales anuales de piña equivaldrían a unas 500 t de piñón blanco, un valor muy superior al que indican las estadísticas oficiales sobre consumo estimado de piñón blanco para el periodo entre 1999 y 2013, que es de 167 t (Tabla 3, datos ofrecidos por el Observatorio Forestal Catalán). El periodo posterior ya muestra claramente la reducción por la afectación de *Leptoglossus*, con una media de 26 t. Una producción media de 400 kg/ha sobre la superficie actual, con un rendimiento de piñón blanco del 1,6% respecto al peso de piña en verde, equivaldría a una producción de unas 200 *t de piñón, también superior a lo recogido en las estadísticas.*

Tabla 3. Evolución de la producción de piña y piñón con cáscara en Cataluña en el periodo 2013-2018 según las estadísticas oficiales.

Campaña	Recolección de piña	Año	Consumo estimado de piñón blanco
1999/00	10.070	1999	289
2000/01	8.571	2000	246
2001/02	8.049	2001	231
2002/03	12.261	2002	352
2003/04	7.359	2003	211
2004/05	8.926	2004	256
2005/06	6.084	2005	175
2006/07	4.808	2006	138
2007/08	1.045	2007	30
2008/09	3.972	2008	114
2009/10	7.452	2009	81
2010/11	2.702	2010	30
2011/12	2.430	2011	27
2012/13	2.552	2012	28
2013/14	20.000	2013	300
2014/15	5.000	2014	50
2015/16	1.500	2015	15
2016/17	1.800	2016	18
2017/18	3.000	2017	30
2018/19	1.700	2018	17
2019/20	2.800	2019	28
2020/21	2.800	2020	28

Entre los motivos que podrían explicar la fuerte reducción de la producción en **Cataluña**, destacan los daños causados por la plaga de la chinche americana del pino (*Leptoglossus occidentalis*), que puede provocar pérdidas de más del 65% de la producción de piñón blanco (De la Mata *et al.*, 2019); las bajas precipitaciones, y la baja tasa de aprovechamiento legal (afectada por los robos de piña). Por otro lado, estas cifras están registradas en las estadísticas oficiales como de "verosimilitud baja", lo que indica un alto grado de incertidumbre sobre su precisión.

En el caso de los **Pirineos Orientales**, no hay una recolección de piñón regulada ni organizada comercialmente, y tampoco existen estadísticas oficiales de producción o comercialización. En el marco de un proyecto con la asociación Bosque Modelo de Provenza, se ha iniciado un seguimiento de la fructificación del piñonero en una docena de parcelas en el departamento de Var, con resultados poco esperanzadores. Las mediciones realizadas indican una fructificación bastante heterogénea, con conos de pequeñas dimensiones en varias zonas y daños casi sistemáticos en los piñones a causa, probablemente, de *Leptoglossus occidentalis*.

Estos daños se han observado en cerca del 75% de los piñones analizados en la iniciativa del Bosque Modelo de Provenza, incluso en las áreas en las que la fructificación parecía abundante a simple vista y con piñas de buenas dimensiones. En la zona de Var, el estudio ha mostrado que el número de piñas recolectadas por árbol ha sido muy variable en función de la parcela, con producciones de entre 95 y 850 kg/ha. Además, en esta zona se ha obtenido una media de 38 piñones por piña, muy por debajo del valor de referencia de 50-60 piñones por piña. De estos 38 piñones, 29 estaban abortados o dañados (75%, frente al 25-55% observado en Cataluña). Estos resultados indican una muy baja productividad de piñones sanos en la zona.

2.3. Plantaciones injertadas

Las **plantaciones injertadas** permiten aumentar la productividad de piña, reducir los costes de recolección, gracias a las copas más bajas, y avanzar la producción (Figura 9). Para ello, se emplean púas (yemas terminales de ramas adultas) de árboles semilleros de alta productividad. Además, son una alternativa para revalorizar campos de cultivo marginales, restaurar áreas degradadas o afectadas por incendios forestales y una oportunidad para la producción de piña de pino piñonero en zonas de suelos no especialmente idóneos para esta especie mediante el injerto sobre *Pinus halepensis*.

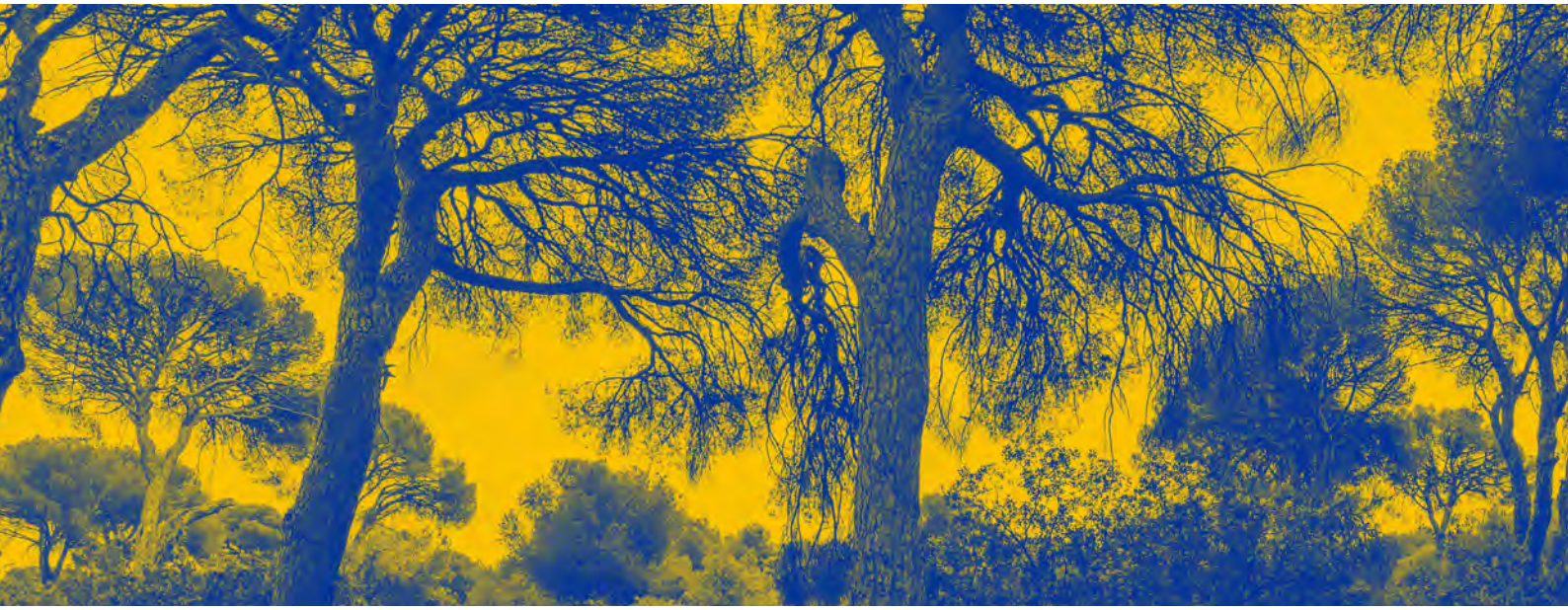
Figura 9. Plantación injertada para la producción de piñones de pino piñonero en Cataluña. Foto de AGS-CTFC.

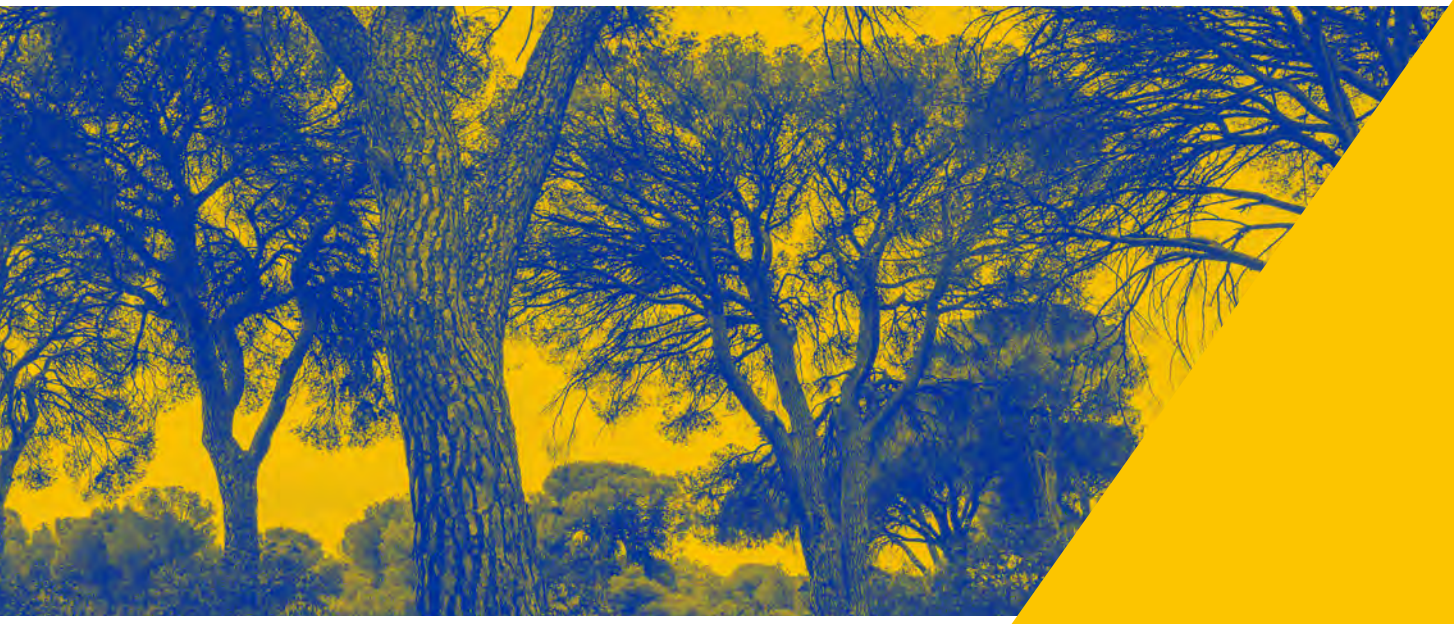
El injerto puede hacerse sobre **pies de pino piñonero y de pino carrasco** (*Pinus halepensis*), siendo la mayor diferencia entre ambos casos el vigor (Guàrdia *et al.,* 2021) y unos resultados de producción similares (Piqué *et al.,* 2017; De la Mata *et al.*, 2019; Guàrdia *et al.*, 2021). Por lo tanto, el uso de patrones de pino carrasco puede ser una buena alternativa en suelos pesados y calcáreos (De la Mata *et al.*, 2019). Además, dado que la productividad aumenta con el tamaño de la copa, la distancia de plantación debería ser distinta (Guàrdia *et al.*, 2021). Es necesario realizar más estudios para evaluar la influencia de las características del suelo en los patrones de crecimiento.

En base a plantaciones injertadas existentes en España e Italia, la **producción de piña** empieza a los 3-4 años de realizarse el injerto, con unas medias entre 100-200 kg/ha, que aumenta a 200-300 kg/ha a los 5 años y a 500-1.500 kg/ha a partir de los 10 (Piqué y Baiges, 2009). Los ensayos realizados por el Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA) en Cataluña muestran una entrada en producción el tercer año y producciones medias anuales superiores a los 1.500 kg/ha de piña verde a partir del octavo (De la Mata *et al.*, 2019):

- Del 3er al 6º año: 600 kg/ha.
- Del 7º al 10º año: 1.600 kg/ha.
- Del 11º al 18º año: 3.000 kg/ha.
- A partir del 19º año: 4.000 kg/ha.

En cualquier caso, existen pocos datos disponibles sobre producción de piña en plantaciones injertadas, y las series de datos son cortas, ya que este tipo de plantaciones no se empezaron a implementar hasta finales de los años 90 del siglo pasado (Piqué y Baiges, 2009), y más extensamente, y en el ámbito de Cataluña, entre las décadas de los 2000 y 2010.





Estimación de la producción de un rodal forestal

3.

3. Estimación de la producción de un rodal forestal

3.1. Métodos

Las **herramientas de estimación de la producción** de piña o piñón son muy útiles para la gestión forestal, puesto que facilitan la planificación de los recursos forestales. Al hacer uso de los datos e información obtenidos en las estimaciones, deben considerarse los factores que afectan a la producción (apartado 2) y la variabilidad productiva que de ellos se desprende.

A continuación, se describen los principales métodos y herramientas disponibles en el ámbito de Cataluña. Cabe tener en cuenta que en los Pirineos Orientales se han realizado muy pocas plantaciones con el objetivo de producción de piña, pero sí para la producción de madera, dado que siempre ha sido el objetivo prioritario en este departamento, de modo que las densidades de las masas son muy elevadas y no suelen ser adecuadas para la producción y recolección de piña. En cualquier caso, estas herramientas que aquí se presentan pueden ser de aplicación en los Pirineos Orientales cuando las características de masa sean similares a las que se pueden encontrar en Cataluña.

3.1.1. Tablas de producción

Las **tablas de producción** son cuadros numéricos que tratan de reflejar la evolución de distintas variables de una masa regular con la edad, para una especie determinada dentro de un ámbito geográfico, en distintas calidades de estación y en diferentes regímenes silvícolas (Madrigal *et al.,* 1999).

Entre la gran variedad de utilidades y aplicaciones, destacan las siguientes:

- Clasificación de las masas en función de su calidad de estación.
- Estimación de crecimientos corrientes, volúmenes y producción.
- Orientaciones selvícolas y de gestión.
- Referencias en la elección de densidades.

En Cataluña, existen 16 tablas de producción de piña y madera, según 4 calidades de estación y 2 tipologías de masa: 8 tablas de silvicultura observada y 8 tablas de silvicultura de referencia (Piqué *et al.,* 2011).

Posteriormente, toda la información disponible en las tablas se sintetizó y actualizó en las Orientaciones de Gestión Forestal Sostenible de Cataluña (ORGEST) para las masas de pino piñonero (Piqué *et al.,* 2015), en las que se presentan unos modelos silvícolas con soporte de tablas de producción "a la carta" (10 modelos para masas puras y 18 para masas mixtas) y se incluye una estimación de la producción de madera y piña.

3.1.2. Modelos de producción

Los **modelos de producción** son ecuaciones matemáticas que sirven para proyectar la evolución de una masa en el tiempo, de manera que permiten simular diferentes itinerarios silvícolas. Su elaboración es complicada, puesto que en muchos casos se necesita proyectar el desarrollo de masas con distintos condicionantes derivados de su localización y tratamientos selvícolas (Gadow *et al.*, 2001).

Los principales modelos disponibles para estimar la producción de piña en España evalúan la productividad en función de la cantidad de piñas o piñones producidas a nivel de árbol o superficie (Bravo *et al*., 2011). La mayoría han sido desarrollados en la Meseta norte (García-Güemes ,1999; Mutke *et al.,* 2001; Mutke *et al.,* 2005; Calama *et al.,* 2008; Calama *et al*., 2011; presentados en Bravo *et al*., 2011), pero existen también modelos específicos para Cataluña (Piqué, 2003) y la Cordillera Central Ibérica (Cañadas, 2000; Calama y Montero, 2007; presentados en Bravo *et al*., 2011), según se detalla en Pallarés y Piqué (2021).

Además, con la realización de las ORGEST (Piqué *et al*., 2015) se actualizó el modelo de producción de piña realizado para Cataluña (Piqué, 2003).

Plantaciones injertadas

En cuanto a **modelos** de **producción de piña**, a partir de las primeras cosechas de piña del banco clonal de la Cataluña litoral, instalado en 1989 en el Centro Nacional de Mejora Genética Forestal (CNMGF) Puerta del Hierro de Madrid, se desarrollaron varios modelos de producción de piña del árbol individual (Mutke *et al.,* 2003; Mutke *et al.,* 2005) para estimar el valor de mejora de cada clon (Mutke *et al.,* 2007).

3.1.3. Estimación visual

El método de evaluación visual para la estimación de la producción de piña, presentado por Llosa y Tusell (2020), es aplicable a todo tipo de masas y plantaciones de pino piñonero. Se trata de una metodología práctica y de fácil aplicación basada en la observación por parte de dos personas y que requiere tener en cuenta los siguientes condicionantes:

1) **Condiciones climáticas y horario**: es necesario que el día que se realice la evaluación haga buen tiempo y el cielo esté despejado. La observación debe hacerse a primera hora de la mañana, entre las 7 y las 9 h, para poder aprovechar los rayos de sol, ya que en ese momento son más oblicuos, se proyectan de forma más directa sobre las copas de los árboles y crean, por lo tanto, un reflejo sobre las piñas que ayuda a diferenciarlas del resto de la copa.

2) **Época**: el periodo más adecuado para realizar la estimación visual es del 15 de mayo al 10 de junio, ya que en ese momento las piñas están en su máximo esplendor. El color verde intenso en esta época y la resina que desprenden hacen que las piñas se puedan contar de forma muy fácil y cómoda.

Para poder conocer la producción total de la masa, debe seleccionarse una superficie de aproximadamente 100 x 100 metros (1 ha). El número de árboles objetivo en los que se va a realizar el conteo de piñas va en función de la densidad arbórea calculada por hectárea. Se consideran las siguientes densidades:

- > 500 pies/ha: se contabilizan los 30 árboles más representativos de la parcela.
- 300-500 pies/ha: se contabilizan los 25 árboles más representativos de la parcela.
- < 300 pies/ha: se contabilizan los 20 árboles más representativos de la parcela.

Para poder realizar el conteo de piñas (Figura 10), es importante ubicarse de manera que el sol quede detrás de la persona observadora, porque así el reflejo será mayor y, por lo tanto, la estimación será más eficaz. Como norma general, la persona debe situarse a una distancia de aproximadamente la altura del árbol, más un tercio de esta, siempre y cuando las condiciones de la parcela lo permitan.

Figura 10. En el conteo para la producción anual se contabilizan solo las piñas maduras (tercer año) en el mejor momento para diferenciarlas en el árbol. Foto de Míriam Piqué.

En cada árbol seleccionado se realizan dos conteos de piña, uno en el que el observador esté bien ubicado respeto al sol y otro desde el lado opuesto (Figura 11). La observación deben realizarla dos personas a la vez para que posteriormente puedan calcular el promedio de piñas contabilizadas.

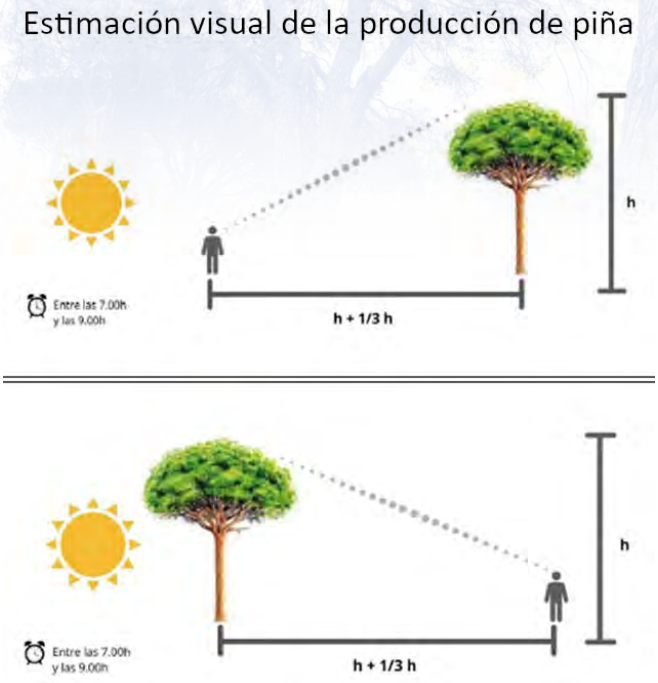


Figura 11. Ubicación de la persona observadora para hacer una estimación eficaz de la producción de piñas respecto a la distancia al árbol y la posición del sol. Figura de Llosa y Tusell (2020).

Se acepta que mediante esta metodología de observación directa se deja de contabilizar un porcentaje de piñas que no se ven o quedan ocultas en el interior de la copa y no son visibles de ninguna forma. A partir de experiencias realizadas en el marco del proyecto Quality Pinea en diferentes parcelas objeto de estudio, se ha obtenido una desviación de aproximadamente el 30%.

3.1.4. Uso de drones y sensores multiespectrales

En los últimos años, se está valorando la posibilidad de **usar sensores multiespectrales transportados en vehículos aéreos no tripulados (UAV) para estimar la producción de piña**, dado que posibilitan la toma de datos con gran resolución, y su transporte a través de drones permite una visión de las copas desde puntos inaccesibles para una persona desde el suelo. El posible uso combinado de sensores activos y pasivos y drones en la estimación de piña aumentaría la eficiencia y objetividad del proceso de cuantificación de la producción, sobre todo cuando lo realiza personal no experto.

El uso de sensores portados por drones para el conteo de piñas está todavía en fase de investigación y desarrollo. El trabajo de Kefauver *et al.* (2021) representa un primer intento de automatizar la cuantificación de piñas mediante UAV. Para ello, se ha trabajado para establecer el mejor modo de tomar imágenes y automatizar el conteo de piñas entrenando a la inteligencia artificial y definiendo flujos de trabajo robustos y eficientes.

El conteo de piñas con las técnicas de *Machine-learning* utilizadas (Figura 12) ya ofrece un buen resultado en comparación con el conteo humano en las mismas imágenes. Sin embargo, la dificultad de observación de las piñas de 3 **años en relación con e**l entorno de ramas y acículas en el que se sitúan todavía se presenta como un reto para la tecnología y los métodos ensayados, como en la estimación por observación directa por parte de personal experto.

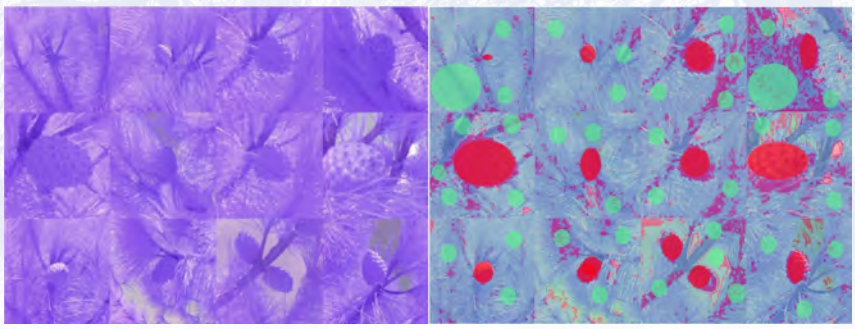


Figura 12. Procesado de imágenes para el conteo de piña con técnicas de Machine-learning. Figura de Kefauver et al. (2021).

Según el trabajo de Kefauver *et al.* (2021), la toma de imágenes multiespectrales y otros datos mediante UAV a nivel de árbol individual que permitan combinar variables dendrométicas, índices de vegetación e identificación visual de piñas mejoraría los resultados de estimación de la producción realizada por una inteligencia artificial entrenada.

3.2. Estimación de la producción en Cataluña y Pirineos Orientales

Para la **estimación** de la **producción de piña** que se muestra a continuación se ha utilizado el modelo de producción predictivo a nivel de árbol individual desarrollado por Piqué *et al.* (2015), que permite estimar una producción media anual individual para un periodo de 3 a 4 años (entre un año antes de la floración y hasta la maduración), en peso total de piña.

Tal como se detalla en Busquets *et al.* (2021), este modelo se ha aplicado a los datos disponibles a escala de árbol para el ámbito de estudio, que son los ofrecidos por los inventarios forestales nacionales más recientes para Cataluña y Pirineos Orientales (2016 y 2019) de las parcelas dominadas por pino piñonero (sin diferenciar si se trata de plantaciones o masas naturales). Para los rodales clasificados como masas mixtas, ya sea con coníferas o frondosas, se asignó un resultado equivalente al 60% de la estimación realizada.

Como resultado, la producción de piña media anual actual estimada en las masas forestales de pino piñonero del ámbito de Cataluña y Pirineos Orientales es, de promedio, 465 kg/ha/año, con diferencias observables entre tipologías, teniendo en cuenta que en las masas mixtas la proporción de pies productores es menor y que se observa una gran variedad de casos dentro de cada grupo (Tabla 4).

Atendiendo a la superficie total, la producción anual actual de piña para el ámbito se estimaría del orden de 20.500 toneladas. No obstante, la estimación de producción debe entenderse como orientativa de la magnitud, por la metodología y los datos utilizados.

Tabla 4. Estimación de producción de piña media anual actual para las diferentes tipologías de masa de pino piñonero.

Variable		Cataluña				Pirineos Orientales
		Masas puras	Masas mixtas con frondosas	Masas mixtas con coníferas	Otras masas mixtas	Masas puras
wc (kg/ha/año)	?	611	370	290	298	556
	σ	161	97	111	112	27

En el caso de las plantaciones, sin diferenciar por objetivos, y especialmente para los Pirineos Orientales (donde no se ha identificado ninguna plantación con objetivo explícito de producción de piña), esta estimación es todavía más incierta por la escasez de datos específicos. Los valores de la Tabla 5 deben entenderse como orientativos, asumiendo características de árbol semejantes a las que han originado los datos de los IFN, que son, por lo general, de árboles adultos en bosques, y no de árboles jóvenes en plantaciones gestionadas para la producción de piña.

Tabla 5. Estimación de producción media anual de piña las plantaciones identificadas en Cataluña y Pirineos

Variable		Cataluña	Pirineos Orientales
wc (kg/ha/año)	?	448	555
	σ	177	20

La **distribución** de la **producción media anual estimada** en el ámbito de estudio se presenta en la Figura 13. Para más detalle, puede consultarse el documento *Cartografía y características dasométricas de las masas y plantaciones de pino piñonero en el ámbito POCTEFA (Cataluña y Pirineos Orientales)*, de Busquets *et al.* (2021), y el visor web asociado.

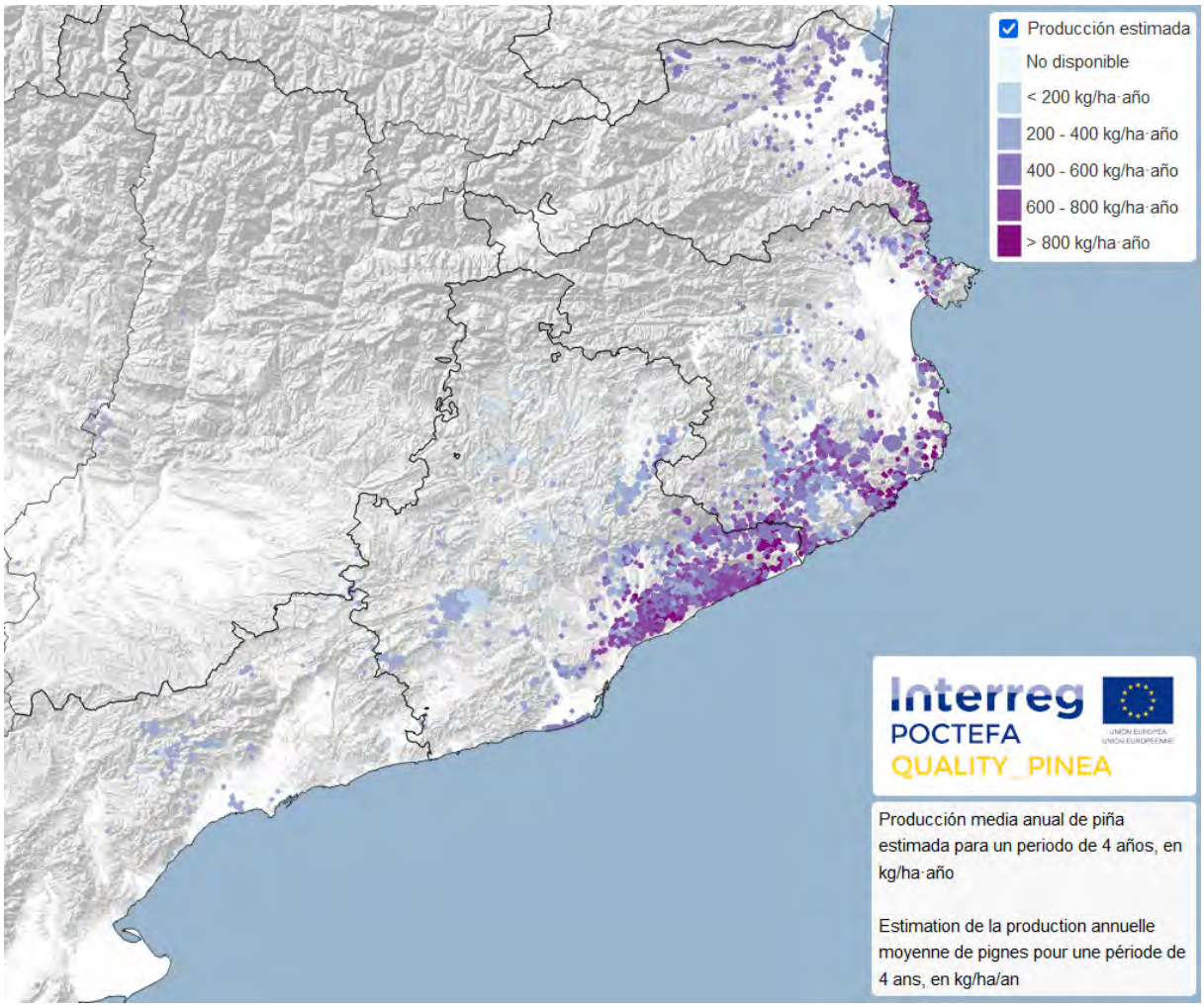
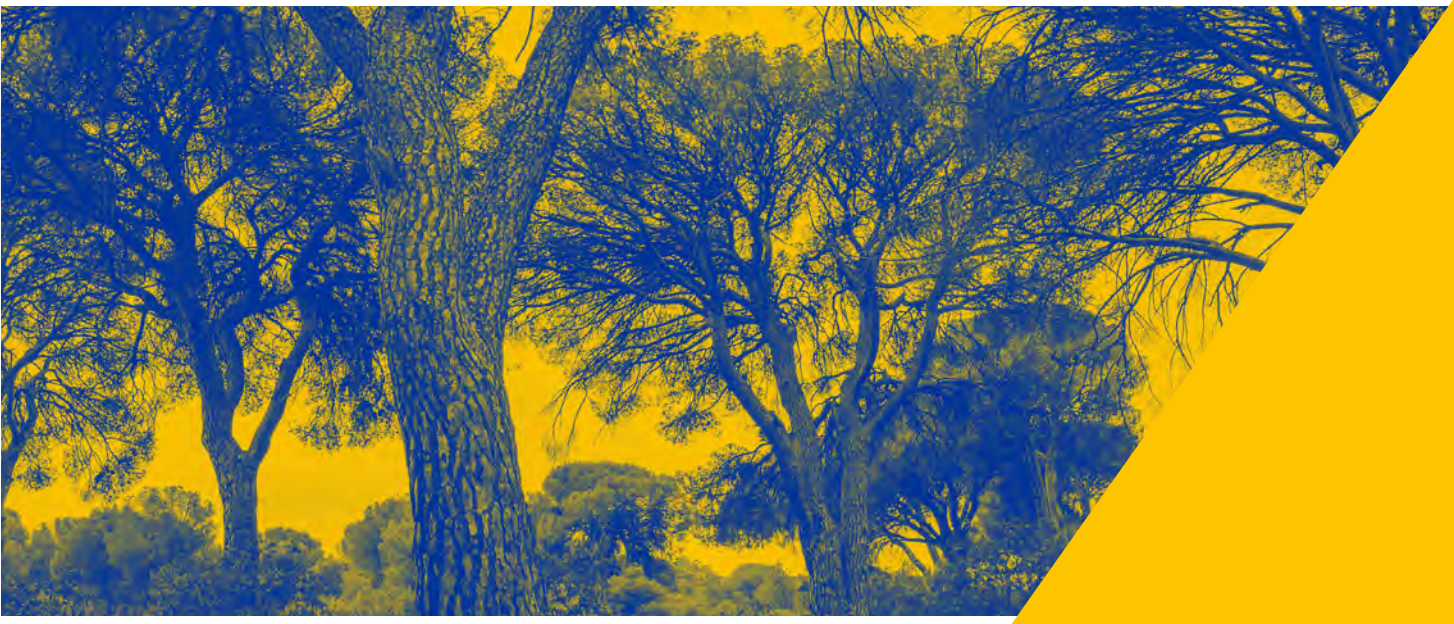


Figura 13. Salida gráfica de la caracterización de las masas y plantaciones de pino piñonero para el ámbito POCTEFA, con estimación de la producción (con una sobrerrepresentación espacial para mejorar la visualización), realizada en el proyecto Quality Pinea (Busquets et al.*, 2021).*



Demanda actual y futura de piña y piñón en Cataluña y Pirineos Orientales

4.

4. Demanda actual y futura de piña y piñón en Cataluña y Pirineos Orientales

El contexto económico del recurso es determinante para el diseño e implementación de una gestión forestal sostenible de las masas y plantaciones de pino piñonero con el objetivo de la producción de piña. Es por ello que en el marco del proyecto Quality Pinea se ha realizado un análisis de mercado (Coello *et al.*, 2020), del cual se presentan aquí los conceptos principales.

4.1. Mercado actual de piña y piñón

Las estadísticas oficiales (Eurostat, Codex Alimentarius...) no distinguen entre las diferentes especies de pino para la producción de piñón con cáscara (*shelled nut*) o piñón blanco (*kernel nut*). Según los datos ofrecidos por INC (2021), la **producción mundial de piñón** está dominada por los pinos asiáticos, en una cuota que alcanzó el 82% de la producción mundial registrada en 2020/21 y con tendencia a la expansión. En cuanto a los pinos mediterráneos, se estima una cantidad de 6.900 t de piñón blanco, una cifra que muestra una tendencia decreciente.

Los datos registrados de las últimas campañas presentan una producción media anual de 23.500 t, si bien con importantes fluctuaciones (Figura 14). Si analizamos los países productores, Rusia, Corea del Norte y la China dominan el mercado (22%, 22% y 19% en los últimos 5 años, respectivamente) con piñones de *Pinus koraiensis* y *P. sibirica*; Afganistán y Pakistán producen piñones de *P. gerardiana*, y Italia ha sido el principal productor mediterráneo en los últimos 5 años, con un 3% de la producción mundial y con piñones de *P. pinea*.

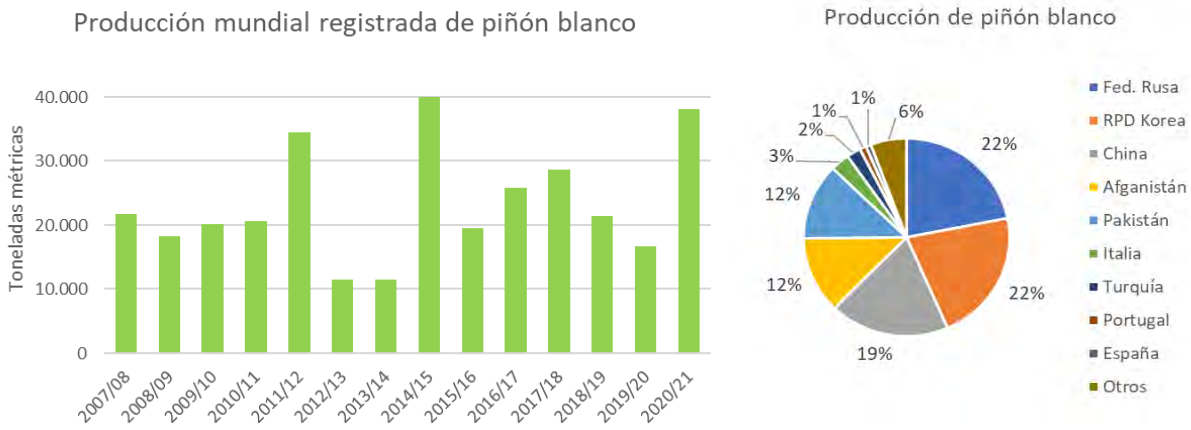


Figura 14. Producción mundial de piñón blanco registrada desde la campaña 2007/08 y proporción por países según la media de los últimos 5 años. Datos de INC, 2021.

A escala mundial, el volumen de **exportaciones** de piñón con cáscara presentaba una tendencia creciente (incremento del 72%) desde 2006 hasta 2016, con un pico máximo en 2017, pero con un descenso los dos años siguientes (INC, 2021). Cerca del 50% de la producción mundial se destina a exportación, siendo China el principal país de origen, con el 54% de las exportaciones en los últimos 5 años.

En cuanto a las importaciones, los principales países **importadores** de piñón son Alemania y Holanda como intermediarios, e Italia y Estados Unidos como consumidores. En España, a pesar de ser un país productor de piña, las importaciones suponen un 1% de las mundiales.

Respecto al valor total de mercado (Figura 15), el piñón muestra un claro incremento en los últimos años, desde 372 M€ en 2007/08 hasta 1.100 M€ en 2020/21, aunque esta última campaña puede suponer un pico no ajustado al crecimiento medio, como el de 2014/15 (datos de INC, 2021 y anteriores recogidos por Coello *et al.*, 2020).

	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21
Pecans	0.98	1.01	0.92	1.48	1.44	1.86	2.14	1.98	1.82	1.89
Pine Nuts	0.62	0.53	0.23	1.09	0.41	0.52	0.63	0.56	0.55	1.10
Macadamias	0.46	0.73	0.51	0.61	0.71	0.82	1.01	1.11	1.13	1.08
Brazil Nuts	0.18	0.17	0.19	0.24	0.23	0.23	0.23	0.34	0.20	0.15

Figura 15. Evolución del valor de mercado (M€) de varios frutos secos, incluyendo el piñón blanco (color lila), desde la campaña 2011/12. Figura original de INC (2021), valores en miles de M€.

El principal país receptor del **piñón** de origen catalán es Portugal y, en menor medida, Italia, tal y como se observa en la Figura 16, que muestra los principales países a los que se exporta el piñón desde Cataluña, así como el volumen exportado (datos de Coello *et al*., 2020). El total exportado a los cinco principales países europeos (los mencionados anteriormente, y Francia, Suiza y Alemania) era ligeramente inferior a la cantidad exportada al resto del mundo. Los datos recopilados muestran la caída drástica a partir de 2014, ligada al desplome de la producción y recolección de piña.

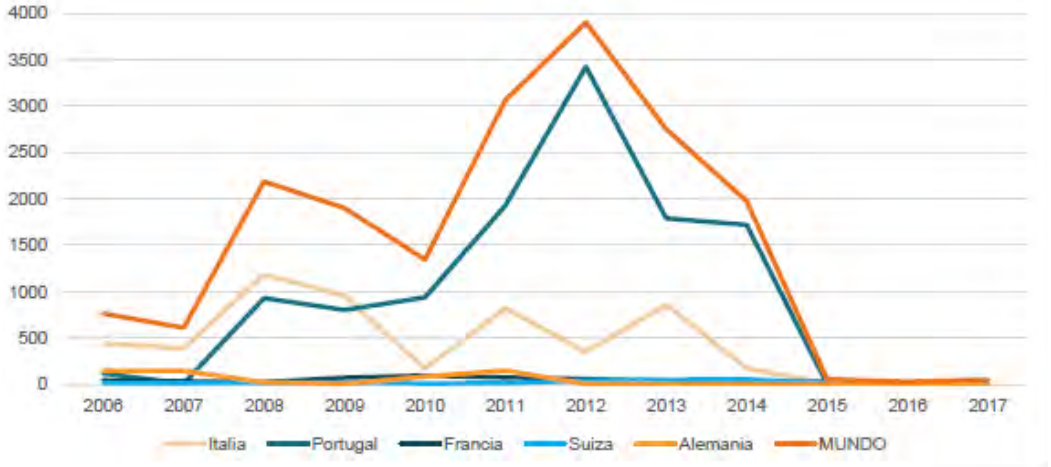


Figura 16. Evolución de la exportación de piñón blanco desde Cataluña y volumen exportado (toneladas). Figura de Coello et al. *(2020).*

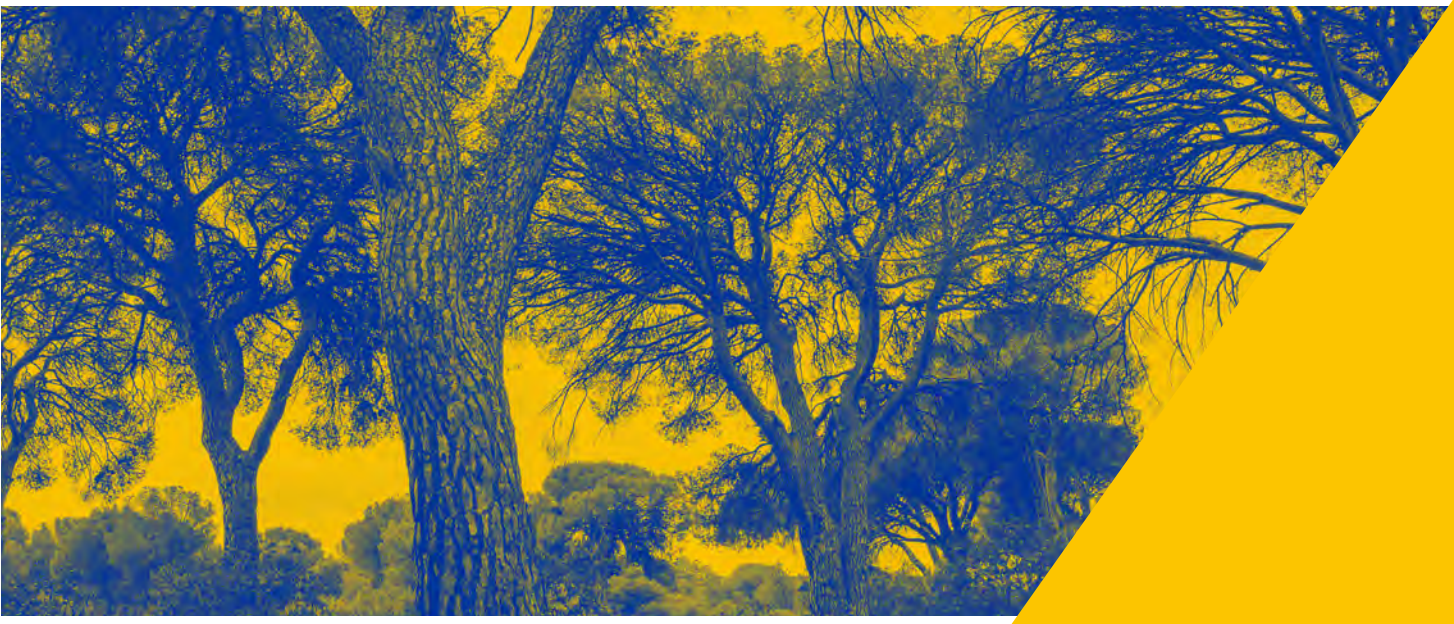
4.2. Perspectivas futuras

De cara a explorar el futuro del sector piñonero, en el proyecto Quality Pinea se realizaron **encuestas** a algunos de los actores más relevantes: propietarios forestales en Cataluña, compradores y/o recolectores y transformadores en España y Portugal, y distribuidores en España. Las encuestas se realizaron en España y Portugal, puesto que en estos dos países es donde se produce el mayor movimiento de piñas y transformación, y donde se ve que una piña puede ser recolectada en Girona y transformada en otra parte de España o Portugal. En Francia, se realizaron encuestas únicamente en el sector del consumidor, ya que no se dispone de sector de transformación ni distribución de piñas ni de piñón con cáscara.

Sobre la base de las respuestas de las diferentes personas encuestadas de cada eslabón de la cadena de producción y comercialización del piñón blanco, la Tabla 6 muestra las principales conclusiones según el perfil analizado (extraído de Coello *et al*., 2020).

Tabla 6. Resumen de conclusiones por perfil, según lo expuesto por Coello et al. (2020).

Perfil	Conclusiones
Productores	- Para las masas naturales, existe un gran interés en estructurar la oferta a través de una **agrupación de productores** para favorecer la gestión e incrementar la producción. - En el caso de las **plantaciones**, la gestión ya está implícita en el modelo de gestión, y su principal objetivo es concretar el modelo productivo y la comercialización. Las plantaciones se consideran como el pilar fundamental de las producciones de piñas en el futuro. - Existe una **preocupación** generalizada por el descenso de la producción sin que exista un diagnóstico claro sobre los motivos de la misma. Aun así, se considera que la plaga del *Leptoglossus* y la disminución de la precipitación en los últimos años son factores que influyen de forma clara y directa. Y otra de las preocupaciones es también el hurto de piñas. - El nivel de **mecanización** de los aprovechamientos es muy bajo.
Compradores de piña	- La mayoría de las empresas que compran piña a recolectores también recolectan piña de los árboles en función de la **producción** de cada temporada. En años de fuerte producción, son compradores y recolectores, mientras que en los de poca producción, son básicamente compradores de piñas a pequeños recolectores. - Los **rendimientos** mejoran en gran medida en el caso de la recogida mecanizada, aspecto importante a promover cuando las condiciones son adecuadas. - Los **problemas** de robos de piñas se han identificado como un aspecto importante, de aquí la necesidad de regular y controlar más toda la trazabilidad del producto, aunque este aspecto no sea visto por las empresas recolectoras y compradoras como un problema. - Los **precios** de compra de las piñas son muy volátiles: varían durante la misma temporada y en función de la oferta de piña y demanda de piñón blanco.
Empresas productoras de piñón blanco	- El sector está formado por **pequeñas empresas**, muchas de ellas de carácter familiar y con alta dependencia de la capacidad de aprovisionamiento de piña de su región, por lo que preocupa el impacto de la entrada de piñones de **otras especies de pino** (piñón chino, principalmente) sobre el mercado. La mayoría de estas empresas solo trabajan con piñón mediterráneo. - Las **plagas** (*Leptoglossus occidentalis*) y otras afectaciones, como el cambio climático, afectan al rendimiento en piñones de las piñas. La bajada de rendimiento de las piñas les complica el funcionamiento y el futuro. - La **bajada de la producción** de los últimos años (a partir de 2014), ocasionada probablemente por factores climatológicos y por la plaga del *Leptoglossus*, preocupa al conjunto del sector. También se coincide con el resto de los eslabones de la cadena en la necesidad de **estructurar la oferta** e impulsar la producción para garantizar el suministro de piñón.



Propuesta de gestión para las masas de piñonero de Cataluña y Pirineos Orientales

5.

5. Propuesta de gestión para las masas de piñonero de Cataluña y Pirineos Orientales

A partir de la caracterización de las principales zonas de pino piñonero y de su potencial productivo, tanto en masas naturales como en plantaciones, en el marco del proyecto se ha realizado un **plan de gestión** para ambos lados del Pirineo (Beltrán *et al*., 2021), que incluye una zonificación de las masas y plantaciones de pino piñonero del ámbito, una estimación de la producción potencial para cada tipología definida y las líneas estratégicas de gestión para la producción de piña en cada caso. Esta propuesta de gestión se basa en los modelos ORGEST disponibles para la especie (Piqué *et al.*, 2015).

En este capítulo se ofrece, por lo tanto, una propuesta detallada de la gestión a implementar para poner en práctica el plan de gestión, siguiendo la agrupación de tipologías según sus características para la producción, y los itinerarios de gestión a implementar teniendo en cuenta las principales situaciones de partida en cada tipología.

En todos los casos, el objetivo de la gestión es la producción de piña, siempre teniendo en cuenta la multifuncionalidad característica de estas masas y plantaciones.

5.1. Propuestas de gestión según la tipología de masa

Para implementar esta gestión, se siguen las **4 grandes tipologías** definidas en función de la adecuación de las masas al objetivo de producción de piña:

- Plantaciones para la producción de piña
- Otras plantaciones que pueden gestionarse para la producción de piña
- Masas naturalizadas puras que pueden gestionarse para la producción de piña
- Masas naturalizadas mixtas que pueden gestionarse para la producción de piña

Los rodales con calidad de estación baja no se incluyen en la propuesta, ya que no sería eficiente focalizar la gestión en la producción de piña. En estos casos, se recomienda una gestión multifuncional adaptativa al cambio climático.

En los anexos se muestran los principales modelos de gestión a seguir de las Orientaciones de Gestión Forestal Sostenible de Cataluña (ORGEST), que son, en concreto, los modelos para masas puras Ppa01, Ppa02, Ppa04, Ppa05 y Ppa08.

Las líneas generales de la gestión a implementar en cada tipología se presentan a continuación y se desarrollan en los siguientes apartados..

Plantaciones para la producción de piña

En buenas condiciones para la producción de piña, se usa como base el modelo ORGEST Ppa02, con un enfoque agronómico y con especial atención a las condiciones del suelo y a la disponibilidad hídrica, de modo que puede ser necesaria la aplicación de abonos y de riego. Si la edad (tamaño de los árboles) lo permite, se recomienda hacer injertos para aumentar la producción y realizar podas de formación a partir del injerto. Es importante también optimizar la recogida de piñas para aumentar los rendimientos.

Figura 17. Plantación de pino piñonero para la producción de piñones. Foto de AGS-CTFC.

Otras plantaciones que pueden gestionarse para la producción de piña

Si la densidad es muy alta en comparación con una plantación productiva, el itinerario de gestión se inicia siguiendo el modelo ORGEST Ppa01 y, progresivamente, se irá hacia el modelo Ppa02, si las condiciones de estación, accesibilidad, transitabilidad y cobertura de matorral son óptimas. En función de la edad (tamaño) de los pinos vitales, se pueden plantear prácticas culturales adicionales, como la poda de formación e, incluso, el injerto.

Figura 18. Plantación con un objetivo inicial medioambiental (forestación de tierras agrarias) que puede reconducirse hacia la gestión para la producción de piña. Foto de AGS-CTFC.

Masas naturalizadas puras que pueden gestionarse para la producción de piña

Normalmente la situación de partida se presenta con densidades elevadas y árboles ya desarrollados, y todo ello, sumado a las condiciones fisiográficas y otras funciones principales que deben cumplir estas masas, dificulta la aplicación de esquemas de gestión basados en masas abiertas como los descritos por el modelo ORGEST PPa02.

Así, en buenas calidades de estación la gestión se basa en el modelo ORGEST Ppa01 y en calidades medias, en el modelo Ppa05, y a tender a densidades menores (30-50%) que las marcadas en el modelo para la fase adulta con el objetivo de maximizar la iluminación de las copas y teniendo en cuenta la pendiente.

En ambos casos, se debe tener presente que el objetivo no es solo la producción de piña, sino la multifuncionalidad, y es por ello que hay que poner especial atención a la gestión del matorral para evitar incendios de copas.

Para la gestión de estructuras irregularizadas se aplicarán los modelos Ppa04 en calidades de estación alta y Ppa08, en calidades medias, y a tender a densidades menores (20-25%) de las que aparecen en los modelos y asegurar la iluminación completa de todas las copas.

Figura 19. Masa naturalizada pura que puede gestionarse para la producción de piña. Foto de AGS-CTFC.

Masas naturalizadas mixtas que pueden gestionarse para la producción de piña

La gestión se basa en los modelos ORGEST de cada masa mixta según la especie secundaria presente y escogiendo la opción “avanzar en la dominancia del pino piñonero” para favorecer a esta especie, aunque en general se puede mantener la proporción de pino piñonero entre el 60% y el 80% del total. Como modelos de referencia, se aplican los explicados para el caso anterior de las masas puras, con un enfoque de gestión multifuncional con aprovechamientos de piña y de leña de frondosas o de madera de otros pinos. La gestión con estructuras irregularizadas solo se aplicará en el caso de masas mixtas con otros pinos.

Esta tipología es la más compleja para la gestión de piñonero con el objetivo de producir piña, pero es recomendable no descartar estas zonas porque i) son muy abundantes, ii) pueden ser claves en la adaptación al cambio climático por su resiliencia a los impactos.

Figura 20. Masas naturalizadas mixtas (arriba: pino piñonero y encina, abajo: pino piñonero y pino pinaster) que puede gestionarse para la producción de piña. Fotos de AGS-CTFC.

5.2. Itinerarios de gestión

A continuación se definen las actuaciones a implementar en función del punto de partida de la masa. En cada tipología se distinguen dos etapas de desarrollo, según si la masa está en la fase joven o adulta.

5.2.1. Plantaciones para la producción de piña

En las plantaciones con buenas condiciones para la producción de piña se escoge el modelo ORGEST Ppa02, se deja de lado la densidad inicial propuesta por ese modelo y se toman como referencia las densidades de las fases jóvenes y adultas, puesto que las densidades de plantación suelen ser del orden de 300 pies/ha. El objetivo es conseguir árboles con copas bien desarrolladas e iluminadas, por lo que las masas deben ser poco densas, con una densidad final de unos 125 pies/ha. En función de la densidad de plantación y el estado de desarrollo actual, se buscarán estas densidades bajas de manera más o menos intensa. En cualquier caso, el objetivo es asegurar copas bien equilibradas e iluminadas.

En la **fase joven**, cuando se alcanza una H_o cercana a los 7 m, la densidad debe ser ya inferior a los 400 pies/ha. En los clareos, se seleccionan y favorecen los pies más adecuados para la producción de piña.

En la **fase adulta**, partiendo de la densidad orientativa de la fase anterior, deben hacerse claras selectivas mixtas cuando el área basimétrica se sitúa en torno a los 28-30 m^2/ha, en las que se deben seleccionar los mejores pies para la producción y extraer un máximo del 30% del AB. En la primera clara, se reduce la densidad hasta los 225-250 pies/ha, y en la segunda, la densidad se reduce hasta la final de unos 125 pies/ha.

En las plantaciones de este tipo no suele haber matorral, por lo que conviene permitir su desarrollo, e incluso se considera interesante promocionarlo por la complejidad que aporta al sistema, siempre teniendo en cuenta que hay que tener especial cuidado con la continuidad vertical del combustible —sobre todo si los pinos son injertados y no van a crecer mucho en altura— y que se debe permitir la circulación de maquinaria para la cosecha. En todos los casos, es necesario mantener una estructura con baja vulnerabilidad al fuego de copas, con una altura del matorral < 1,3 m, salvo cuando la fracción de cabida cubierta sea < 70% y la distancia entre el matorral y las copas, > 5 m.

Es recomendable hacer riegos de emergencia para evitar estrés por sequía. Además, según las características del suelo, puede ser adecuado aplicar enmiendas y abonos para asegurar unas condiciones adecuadas para los árboles, a pesar de que las evidencias del efecto de la fertilización en la producción de piña son poco concluyentes (Montero *et al*., 2008). En las plantaciones más desarrolladas, deben seleccionarse los mejores pies y potenciar su iluminación para maximizar una copa vital. En el caso de nuevas plantaciones, los injertos deben hacerse con material de calidad y lo antes posible (cuando los árboles son de pequeño tamaño), aunque pueden injertarse plantaciones con pinos de hasta 2 m de altura, o incluso más altos, si las condiciones lo permiten. Cuando el injerto ha tenido éxito, ha cicatrizado y engrosado y el árbol ha empezado a desarrollar tronco y ramas a partir de ese punto, es conveniente realizar podas de formación para eliminar todas las ramas por debajo del injerto y para favorecer el futuro desarrollo de una copa ancha y equilibrada, 2-3 podas separadas 3-5 años, en función del desarrollo del árbol.

En el caso de árboles adultos con copas desarrolladas, se pueden plantear podas con el objetivo de estimular la fructificación y facilitar la recolección de la piña (podas de "vaciado" o de "olivación"). Sin embargo, dado que el objetivo principal en estas plantaciones es la producción de piña, se descarta la realización de podas de formación de fuste. En todo caso, cabe apuntar que en general las podas en árboles adultos pueden suponer un impacto, sobre todo en el equilibrio del sistema radical-biomasa aérea, que puede no traducirse en una mayor producción de piña a largo plazo, por lo que la

sostenibilidad económica y silvícola puede no estar asegurada, tal como recogen Montero *et al*. (2008) en diversas experiencias de podas en la península Ibérica. Por esto, la recomendación de base para promover la producción de fruto es disminuir la competencia entre pies por los recursos sin recurrir a las podas generalizadas, y estudiar detenidamente cada caso para acabar de decidir si se asume el coste y el impacto en el árbol a cambio de la posible producción añadida.

Específicamente sobre la relación de poda y producción, Montero *et al*. (2008) exponen algunos estudios comparativos que no encuentran evidencias claras de la estimulación de la producción en árboles de más de 40 años, aunque esas experiencias no contemplaban todos los factores necesarios para atribuir los cambios en la producción a la poda.

Sin embargo, la realidad es que sobre el terreno existe cierta práctica habitual en la realización y promoción de podas para la estimulación de la producción de piña en árboles adultos, como se observa en las masas de Portugal, Túnez, Líbano y otras localizaciones, a pesar de que parte de la motivación es la facilitación de la recolección manual. También, algunas observaciones empíricas relacionan campañas de buena producción a fenómenos meteorológicos que afectan a la biomasa y estructura de las copas tres años antes, asumiendo cierta estimulación de la aparición de inflorescencias por los efectos en las copas.

En conclusión, y según lo expuesto, el conocimiento técnico y científico actual no permite describir los efectos reales de las podas de fructificación sobre la producción de piña y, por lo tanto, la recomendación sobre la realización de podas de este tipo se circunscribiría a casos puntuales que requieren determinar individualmente la técnica concreta, la intensidad, el momento y la recurrencia, y asumir su coste con relación al posible retorno económico de la producción de piña.

5.2.2. Otras plantaciones que pueden gestionarse para la producción de piña

Si la densidad inicial es muy alta y se aplica el modelo ORGEST Ppa01, en la **fase joven** (H_o cercana a 7 m) debe hacerse una corta semiselectiva que respete los pies que presenten una clara dominancia y reducir progresivamente la densidad por debajo de los 900 pies/ha, con una extracción máxima del 30% en cada actuación. En la selección, se deben buscar los mejores pies (copa equilibrada y con vitalidad) y favorecerlos, sin perder de vista la disposición de los árboles en el terreno (por la recolección de las piñas y por las futuras actuaciones).

En la **fase adulta**, cuando el área basimétrica se sitúa en torno a los 30 m^2/ha, deben hacerse claras bajas, aproximadamente cada 10 años. La densidad debe reducirse progresivamente, sin abrir en exceso el dosel y extrayendo como máximo un 25% del AB en cada intervención, lo que implica reducir las densidades progresivamente.

Si con las sucesivas intervenciones se consiguen condiciones óptimas para la producción de piña (árboles vitales de copa desarrollada, equilibrada e iluminada), la densidad puede reducirse aún más mediante claras selectivas que potencien los mejores pies para la producción de piña, sacando un máximo del 30% del AB en cada intervención (tomando como referencia las densidades del modelo ORGEST Ppa02).

A pesar de que el objetivo preferente de gestión sea la producción de piña, en esta tipología donde la plantación inicial no se hizo con este objetivo, la recomendación de realizar podas de formación y de fructificación se mantiene restringida a casos puntuales detenidamente estudiados, según lo expuesto en el apartado anterior.

Si el punto de partida es una masa densa sin matorral, las aberturas fuertes de luz pueden favorecer su desarrollo, por lo que deberá prestarse atención en mantener una estructura con baja vulnerabilidad al fuego de copas. Para ello, debe controlarse la distancia entre el matorral y las copas, evitar que sea

menor a 5 m y asegurarse de que permite la circulación de maquinaria para la cosecha. La existencia de matorral favorece el sistema, ya que le aporta complejidad, pero puede ser necesario desbrozar eliminando el matorral de > 1,3 m de altura, si los criterios anteriores no se cumplen.

5.2.3. Masas naturalizadas puras que pueden gestionarse para la producción de piña

En estaciones de calidad alta, cuando la **masa** es **joven** (H_o cerca de 7 m) debe hacerse una corta semiselectiva que respete los pies que presenten una clara dominancia, reducir la densidad de manera progresiva hasta los 500-650 pies/ha y repartir homogéneamente los pies en el rodal, aun manteniendo cierto criterio de selección de los pies más vitales y productivos.

En la **fase adulta**, cuando el área basimétrica se sitúa en torno a los 30 m^2/ha deben hacerse claras bajas, aproximadamente cada 10 años. La densidad debe reducirse progresivamente, sin abrir en exceso el dosel y extrayendo como máximo un 25% del AB en cada intervención.

En el caso de estaciones de calidades medias, se reduce la densidad hasta 450-600 pies/ha en la **fase joven** (H_o cercana a 5 m) mediante una clara semiselectiva que respete los pies que presenten una clara dominancia y con un reparto homogéneo de los pies en el rodal, aun manteniendo cierto criterio de selección de los pies más vitales y productivos.

En la **fase adulta**, cuando el área basimétrica se sitúa en los 30 m^2/ha o más (puede llegar a 34 m^2/ha) deben hacerse claras bajas, aproximadamente cada 15 años. La densidad debe reducirse progresivamente, sin abrir en exceso el dosel y extrayendo como máximo un 30% del AB en cada intervención, hasta alcanzar una densidad de ≥150 pies/ha.

La propuesta general para la producción de piñas son estructuras regulares, tanto por la propia naturaleza del pino como por ser favorables para la recolección. Sin embargo, si la estructura actual es muy heterogénea y alejada de los modelos regulares, puede hacerse una gestión con **estructuras irregularizadas**, y a la larga se recomienda una heterogeneidad por bosquetes cada vez más grandes y homogéneos en su interior. En estas situaciones, en estaciones de calidad alta se realiza una corta selectiva cuando la masa supera los 30 m^2/ha cada 10-12 años, extrayendo un máximo del 33% del AB inicial, y en estaciones de calidad media, se efectúa en el mismo momento (AB superior a 30 m^2/ha), con una periodicidad de 15-17 años, sacando un máximo del 35% del AB inicial.

En ambos casos, la densidad final debe ser de unos 500-550 pies/ha y la corta selectiva realizarse sobre grupos de árboles que ocupen, como referencia, de 1.000 a 3.000 m^2 distribuidos sobre el terreno, siempre con un criterio estricto de selección positiva. En la misma intervención pueden hacerse tratamientos de regulación de competencia sobre grupos de árboles de CD bajas o medias.

A pesar de que se pueda establecer un objetivo preferente de producción de piña, en esta tipología en la que las condiciones de la masa son muy diferentes a una plantación productiva y mantiene una multifuncionalidad explícita, la recomendación de podas de formación y de fructificación se mantiene restringida a casos puntuales detenidamente estudiados, según lo expuesto en el primer apartado de este capítulo.

Además, debe controlarse el matorral para mantener una estructura con baja vulnerabilidad al fuego de copas. Para ello, debe prestarse especial atención a las aperturas derivadas de las actuaciones, y puede ser necesario desbrozar eliminando el matorral de > 1,3 m de altura, salvo cuando la fracción de cabida cubierta sea < 70% y la distancia entre el matorral y las copas, > 5 m.

La maximización de los recursos se consigue mediante la regulación de competencia. Sin embargo, pueden plantearse y ser recomendables riegos de emergencia, si ya se han hecho actuaciones específicas

para poner la masa en producción, la densidad es baja, las copas tienen buena iluminación y se tiene o se prevé buena floración.

Por otro lado, también se puede plantear ir plantando pinos nuevos injertados en zonas de claros ya existentes, o incluso hechos cortando un grupo de pies malos, para así iniciar una renovación progresiva y oportunista de la masa.

5.2.4. Masas naturalizadas mixtas que pueden gestionarse para la producción de piña

La gestión de las masas mixtas se basa en los modelos ORGEST según las especies secundarias presentes, escogiendo la opción "avanzar en la dominancia del pino piñonero". La gestión del pino piñonero sigue los criterios de las recomendaciones para masas puras, atendiendo a las adaptaciones necesarias para la masa mixta que se esté gestionando.

Se recomienda mantener a las otras especies con un máximo del 30% de AB. Si son **quercíneas**, se aconseja una mezcla por bosquetes según microestación, siempre maximizando la iluminación de las copas de pino. Si la proporción inicial de quercíneas es muy alta y no se pueden definir claramente los bosquetes puros de pino porque la intensidad de corta sería muy alta (con el consiguiente rebrote de la frondosa), se recomienda gestionar la quercínea con resalveos como los diseñados para la conversión a monte alto en las zonas de mayor presencia de pino y a la larga ir definiendo la distribución por bosquetes deseada.

Si son **con otros pinos**, se puede gestionar en mezcla pie a pie, si se controla la iluminación de copas. Puede hacerse también una gestión con estructuras irregularizadas siguiendo los mismos criterios que en las masas naturalizadas puras.

Además, debe controlarse el matorral para mantener una estructura con baja vulnerabilidad al fuego de copas. Para ello, debe ponerse especial atención a las aperturas derivadas de las actuaciones, y puede ser necesario desbrozar eliminando el matorral de > 1,3 m de altura, salvo cuando la fracción de cabida cubierta sea < 70% y la distancia entre el matorral y las copas, > 5 m.

5.3. Condiciones técnicas de aplicación de los modelos

Finalmente, la gestión forestal debe seguir la **legislación vigente** aplicable e incorporar un conjunto de **buenas prácticas** en distintos niveles (Piqué *et al.*, 2015): prevención y reducción de daños a infraestructuras viarias y al suelo, mejora de las actuaciones de reforestación, prevención de incendios, tratamiento de sustancias químicas y peligrosas, gestión de residuos no forestales, prevención en materia de seguridad y salud laboral y conservación de zonas ripícolas.

En primer lugar, la recolección y comercialización de piña debe cumplir con la **regulación legal** establecida en la Orden de 18 de julio de 1991, por la cual se ordena el sector de la recogida y comercialización de piña del pino piñonero (modificada por la Orden de 5 de julio de 1995).

Por otro lado, deben tenerse en cuenta las siguientes condiciones técnicas:

- Para que un rodal se considere apto para el aprovechamiento de piña, debe tener condiciones de **accesibilidad** y **transitabilidad** adecuadas: pendientes máximas del 25%, escasa pedregosidad y sin afloramientos rocosos, suelos no muy arenosos, poco matorral y una distancia máxima a la pista de 200 m.

- La **recolección**, tanto si es manual como mecanizada, la deben llevar a cabo operarios especializados para así aumentar la eficiencia y reducir posibles daños en los árboles.

- Si se realiza una operación de **vibración**, se recomienda, según Castro-García *et al.* (2011), hacerla perpendicularmente al tronco y en la máxima altura posible, con una frecuencia de 18 Hz (aceleración de 65 m/s^2) y una duración máxima de 3 segundos (se pueden hacer repeticiones consecutivas). Además, debe evitarse tanto vibrar árboles afectados por daños bióticos o abióticos como hacerlo en días de heladas.

Figura 21. Recolección mecanizada de piñas mediante vibración. Foto de CSF.

- Se recomienda hacer un **marcaje** de todas las cortas.

- En caso de **extracción de madera**, deben preverse y señalizarse previamente los itinerarios de desembosque y localizar las zonas de acopio.

- La **época** de realización de las cortas será preferentemente cuando los piñones hayan madurado sin haberse diseminado (final de otoño e invierno).

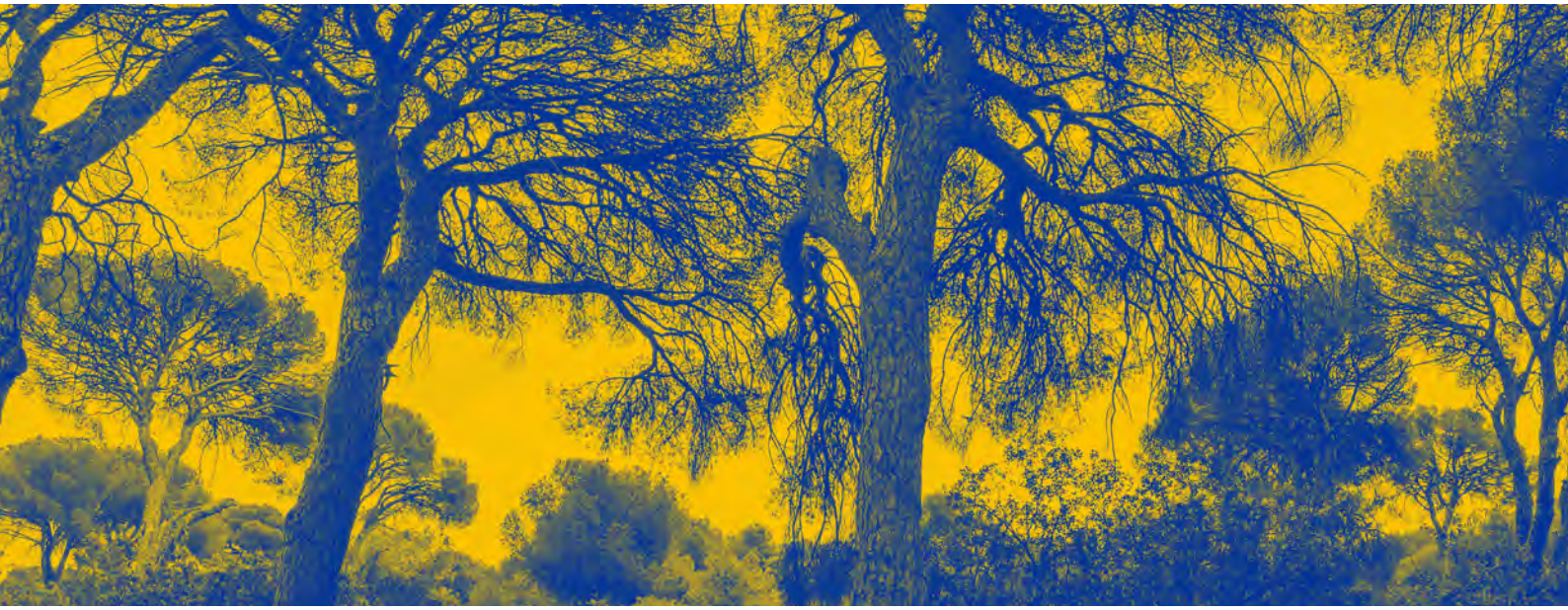
- Las intervenciones se realizarán durante la época en la que no se perturben los periodos de reproducción de las principales especies de fauna.

- El **clareo** debe hacerse cuando se haya iniciado la diferenciación sociológica y sin esperar a que la actuación sea rentable económicamente.

- Las **claras** deben hacerse en el momento indicado en los modelos y siguiendo un criterio de selección positiva estricta de los pies a mantener.

- Dado que el **matorral** aporta complejidad al sistema, beneficios en la lucha biológica contra las plagas y es bueno para el estado de salud de los pinos, los desbroces no serán completos, sino que su objetivo debe ser controlar la distancia entre copas y el recubrimiento para evitar una estructura vulnerable al fuego de copas. Se respetarán preferentemente las especies de fruto, las poco representadas, las de crecimiento lento y las de baja inflamabilidad. Con especial atención en eliminar la continuidad vertical del combustible, se recomienda mantener orlas arbustivas y pequeños grupos de matorral en los claros del interior del rodal.

- Los **restos vegetales** de más de 10 cm de diámetro que se generen en las actuaciones deben cortarse en longitudes aproximadas de 10 m y dejarse en el suelo sin que generen acumulaciones de más de 50-80 cm de altura (como referencia práctica, altura de la rodilla).



BIBLIOGRAFÍA

6.

6. Bibliografia

Aulló-Maestro, I.; Gómez, C.; Marino, E.; Cabrera, M.; Vázquez de la Cueva, A.; Montes, F. (2021). "Integration of field sampling and LiDAR data in forest inventories: comparison of area-based approach and (lognormal) universal kriging". *Annals of Forest Science*, 78.

Bravo, F.; Álvarez-González, J.G.; Del Río, M.; Barrio, M.; Bonet, J.A.; Bravo, A.; Calama, R.; Castedo, F.; Crecente, F.; Condés, S.; Diéguez, U.; González, S.C.; Lizarralde, I.; Nanos, N.; Madrigal, A.; Martínez, F.J.; Montero, G.; Ordóñez, C.; Palahi, M.; Piqué, M.; Rodríguez, F.; Rodríguez, R.; Rojo, A.; Ruiz-Peinado, R.; Sánchez, M.; Trasobares, A.; Vázquez, J. (2011). "Growth and yield models in Spain: historical overview, contemporary examples and perspectives". *Forest Systems*, 20(2), 315-328.

Beltrán, M.; Busquets, E.; Piqué, M. (2021). *Plan de gestión del pino piñonero, integrando la producción de piña y la prevención de incendios, en el ámbito POCTEFA (Cataluña y Pirineos Orientales)*. Proyecto Quality Pinea. 19 p.

Busquets, E.; Beltrán, M.; Piqué, M. (2021). *Cartografía y características dasométricas de las masas y plantaciones de pino piñonero en el ámbito POCTEFA (Cataluña y Pirineos Orientales)*. Proyecto Quality Pinea. 26 p.

Calama, R.; Gordo, J.; Mutke, S.; Conde, M.; Madrigal, G.; Garriga, E.; Arias, M.J.; Piqué, M.; Gandia, R.; Montero, G.; Pardos, M. (2020a). "Decline in commercial pine nut and kernel yield in Mediterranean stone pine (*Pinus pinea* L.) in Spain". *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 13(4), 251.

Calama, R.; Gordo, J.; Pardos, M.; Madrigal, G.; Pascual, S.; Raposo, R.; Elvira-Recuenco, M.; Mutke, S. (2020b). "Caídas en el rendimiento en piñón de las piñas de *Pinus pinea* L. y evidencias acerca de la causalidad de *Leptoglossus occidentalis*". *RevForesta*, 78: 100-107.

Castro-García, S.; Blanco-Roldán, G.L.; Gil-Ribes, J.A. (2011). "Frequency response of *Pinus Pinea* L. for selective cone harvesting by vibration". *Trees*, 25 (5): 801-808.

Coello, J.; Piqué, M.; Rovira, J.; Llosa, X.; Tusell, J.M.; Sourdril, E.; Dusart, M. (*2020). Situación actual y evolución esperada de la demanda de piña y piñón de* Pinus pinea *en las zonas POCTEFA (Cataluña y Pirineos Orientales)*. Proyecto Quality Pinea. 29 p.

De la Mata, R.; Teixidó, A.; Aletà, N.; Torrell, A.; Ros, L.; Segarra, M. (2019). "La producció de pinyons en plantacions empeltades. Resultats dels assaigs instal·lats a l'IRTA". En: J.M. Tusell y M. Beltrán (eds.). *XXXVI Jornades Tècniques Silvícoles Emili Garolera.* Consorci Forestal de Catalunya.

DIBA, Diputació de Barcelona. (2013). *Preus dels productes forestals-gener 2013*. Disponible en: https://www.diba.cat/es/web/incendis/publicacions/preus-productes-forestals

Gadow, K.; Real, P.; Álvarez-González, J.G. (2001). "Modelización del crecimiento y la evolución de bosques". *IUFRO World Series*, vol. 12. 242 p.

Guàrdia, M.; Teixidó, A.; Sánchez-Bragado, R.; Aletà, N. (2021). "An Agronomic Approach to Pine Nut Production by Grafting Stone Pine on Two Rootstocks". *Agriculture*, 11, 1034.

INC, International Nut & Dried Fruit. (2021). *Nuts & Dried Fruits Statistical Yearbook 2020/2021*. Disponible en: https://www.nutfruit.org/industry/technical-resources?category=statistical-yearbooks

Kefauver, S.C.; Buchaillot, L.; Segarra, J.; Fernández Gallego, J.A.; Araus, J.L.; Llosa, X.; Beltrán, M.; Piqué, M. (2021). "Quantification of *Pinus pinea* pinecone productivity using 2 machine learning of UAV and field images". *Proceedings*, 68.

Llosa, X.; Tusell, J.M. (2020). *Informe descriptivo del método de evaluación visual del recurso piñero*. Proyecto POCTEFA Quality Pinea. 5 p

Madrigal, A.; Álvarez-González, J.G.; Rodríguez, R.; Rojo, A. (1999). *Tablas de producción para los montes españoles*. Madrid: Fundación Conde del Valle de Salazar. 253 p.

Montero, G.; Calama, R.; Ruiz-Peinado, R. (2008). "Selvicultura de *Pinus pinea* L.". En: R. Serrada, G. Montero y J.A. Reque (eds.). *Compendio de selvicultura aplicada en España*. Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Educación y Ciencia, p. 431-470.

Mutke S.; Gordo J.; Gil L.; (2005). "Variability of Mediterranean Stone pine cone production: Yield loss as response to climate change". *Agricultural and Forest Meteorology*, 132 (3-4): 263-272.

Mutke, S.; Gordo, J.; Khouja, M.L.; Fady, B. (2013). "Low genetic and high environmental diversity at adaptive traits in *Pinus pinea* from provenance tests in France and Spain". *Options Méditerranéennes*, A, 105: 73-79.

Mutke, S.; Iglesias, S; Gil, L. (2007). "Selección de clones de pino piñonero sobresalientes en la producción de piña". *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 16(1), 39-51

Mutke, S.; Pastor, A.; Picardo., A. (2011). *Toward a traceability of European pine nuts "from forest to fork". Proceedings of the International Meeting on Mediterranean Stone Pine for Agroforestry*, Valladolid.

Mutke, S.; Sada, B.; Iglesias, S.; Gil, L. (2003). "Evaluación de la producción individual de piña en un banco clonal de pino piñonero (*Pinus pinea* L.) en Madrid". *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales,* 12 (1), 149-157.

Piqué, M. (2003). *Modelos de producción para las masas de* Pinus pinea *L. en Cataluña: orientaciones para la gestión y aprovechamiento sostenible de madera y piña*. Tesis doctoral. Universitat de Lleida.

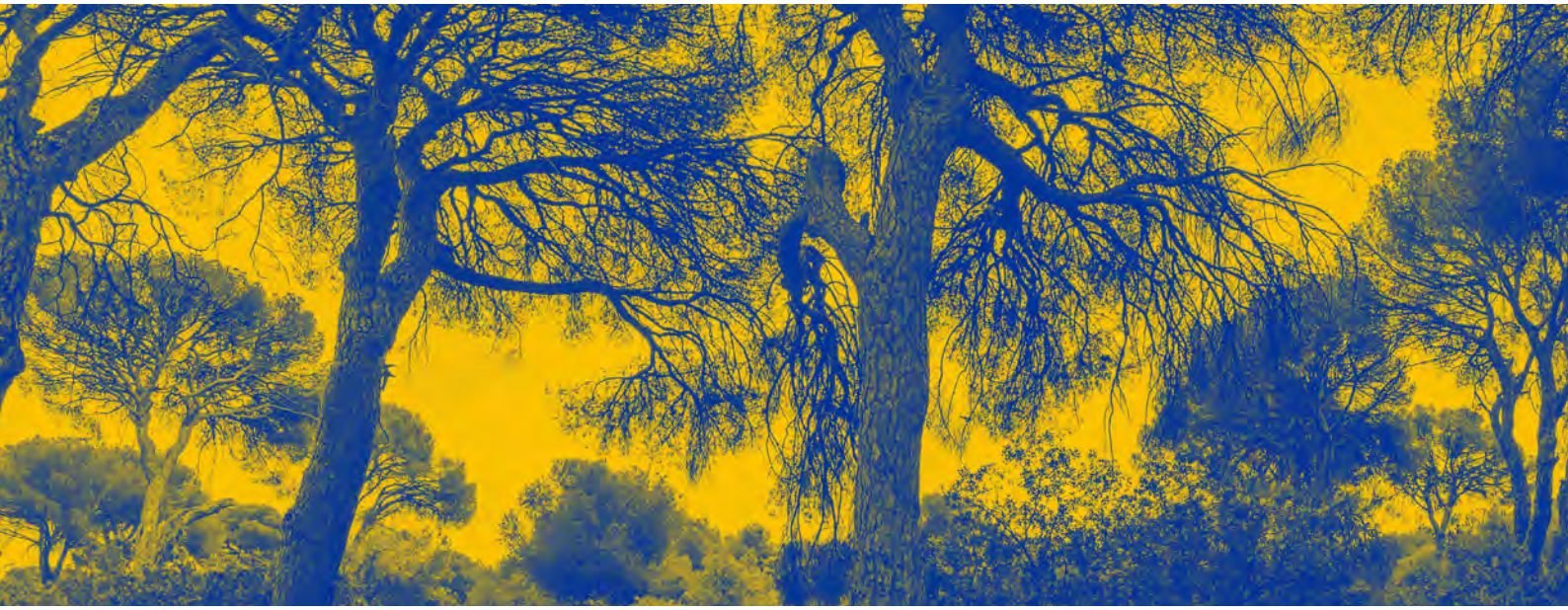
Piqué, M.; Ammari, Y.; Solano, D.; Aletà, N.; Bono, D.; Sghaier, T.; Garchi, S.; Coello, J.; Coll, L.; Mutke, S. (2013). "Production and management of stone pine (*Pinus pinea* L.) for early nut production: grafted plantations as an alternative for restoring degraded areas and generating income in rural communities of Tunisia". *Options Méditerranéennes*, A-105: 43-48.

Piqué, M.; Baiges, T. (2009). "Silvicultura del pi pinyer per a producció de fusta i pinya". *Fitxes T*ècniques*. V Espècies i Silvicultura*. Centre de la Propietat Forestal, DMAH.

Piqué, M.; Beltrán, M.; Vericat, P.; Calama, R.; Cervera, T. (2015). "Models de gestió per a les pinedes de pi pinyer (*Pinus pinea* L.): producció de fusta i pinya i prevenció d'incendis forestals". *Sèrie: Orientacions de Gestió Forestal Sostenible per a Catalunya (ORGEST)*. Centre de la Propietat Forestal - Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. 133 p.

Piqué, M.; Coello, J.; Ammari, Y.; Aletà, N.; Sghaier, T.; Mutke, S. (2017). "Grafted stone pine plantations for cone production: trials on *Pinus pinea* and *Pinus halepensis* rootstocks from Tunisia and Spain". *Options Méditerranéennes*, A, 122: 17-23.

Piqué, M.; Del Río, M.; Calama, R.; Montero, G. (2011). "Modelos de masa para orientar la gestión de *Pinus pinea* L. en el noreste de España". *Forest Systems*, 20(1), 3-20.



ANEXOS

7. Modelos de gestión de referencia (ORGEST)

Calidad de estación alta. Producción de madera y aumento de la resistencia al fuego.

Estructura regularizada con torno de corta de 80-100 años (~50 cm). Régimen de claras por lo bajo cada 10 años. Densidad final de 230 pies/ha. Regeneración por aclareo sucesivo en tres fases.

MODELO Ppa01

Productos y funciones

En condiciones adecuadas, se estima una producción de unos 300 m^3/ha al final de torno (con diámetros próximos a los 50 cm) y unos 130 m^3/ha de madera comercial en los tratamientos intermedios (en total, un crecimiento de la masa de unos 5 m^3/ha/año). A la vez, se produce una media orientativa de unos 800-900 kg kg/ha/año de piña. Estas producciones son estimadas, y pueden llegar a duplicarse en el mejor de los casos, como en algunas zonas costeras del Baix Empordà.

Con tratamientos puntuales se consigue mantener la masa con una estructura de baja vulnerabilidad al fuego de copa durante buena parte del ciclo, con árboles de grandes dimensiones y poca presencia de árboles dominados y suprimidos, lo que confiere, a la vez, un mayor valor estético y social de las masas de pino piñonero.

Parámetros silvícolas del modelo

H_0 m	N pies/ha	D_g cm	AB m^2/ha	VCC m^3/ha	Edad años	Actuaciones	Ne pies/ha	VCCe m^3/ha	ABe %	RM %	AM m	DC m
7,3	> 2.000	14	-	-	13-16	Clareo precomercial	> 1.050	-	-	< 30	< 1,3	ind
10,1	950	21	32	154	22-27	Clara por lo bajo	375	38	25			
12,3	575	26	30	183	31-38	Clara por lo bajo	225	45	25	ind	< 1,3	> 4
14,1	350	33	29	198	40-49	Clara por lo bajo	120	49	25			
17,7	230	44	34	281	63-77	Corta preparatoria	110	109	39			
18,9	120	47-50	20	180	72-88	Corta diseminadora	70	105	58	-		
20	50		9	90	81-99	Corta final	50	90	100			

RM: recubrimiento de matorral; AM: altura de matorral; DC: distancia del matorral a la base de la copa.

Descripción técnica de las actuaciones

Clareo precomercial (siempre que H_0 > 7 m)

- Corta semiselectiva respetando los pies que presenten una clara dominancia.

- La densidad se reduce hasta 950 pies/ha buscando un reparto homogéneo de los pies en el rodal.

- Para reducir la vulnerabilidad de la estructura, puede ser necesario un desbroce para reducir el recubrimiento del matorral a < 30% y su altura a < 1,3 m. También es recomendable hacer una poda baja de los árboles restantes hasta 1,5-2 m de fuste.

Claras por lo bajo (siempre que AB ~30 m^2/ha, aproximadamente cada 10 años)

- Se reduce progresivamente la densidad, siempre sin abrir en exceso el dosel de copa.

- El área basimétrica debe aproximarse a 30 m^2/ha antes de la intervención.

- El área basimétrica máxima a extraer en cada intervención es del 25%.

- Para mantener una baja vulnerabilidad de la estructura, el matorral se mantiene con un recubrimiento < 30% y una altura < 1,3 m con un desbroce en la primera clara. Cuando la altura de copa llegue a los 5,5 m del suelo, el matorral puede tener cualquier recubrimiento pero no debe superar 1,3 m de altura.

Cortas de regeneración

- Preparatoria: se elimina hasta el 40% del volumen (o del AB), hasta reducir el AB a 19-20 m^2/ha.

- **Diseminadora:** unos 10 años después, idealmente con claros de regeneración avanzada, se elimina hasta el 60% del volumen (o del AB), hasta reducir el AB a 8-9 m^2/ha. Debe asegurarse la remoción de tierra, y se puede contemplar una dispersión adicional de semilla. Los pies remanentes se dejan homogéneamente repartidos pero procurando que en la corta siguiente se tenga que circular tan poco como se pueda por dentro del rodal.

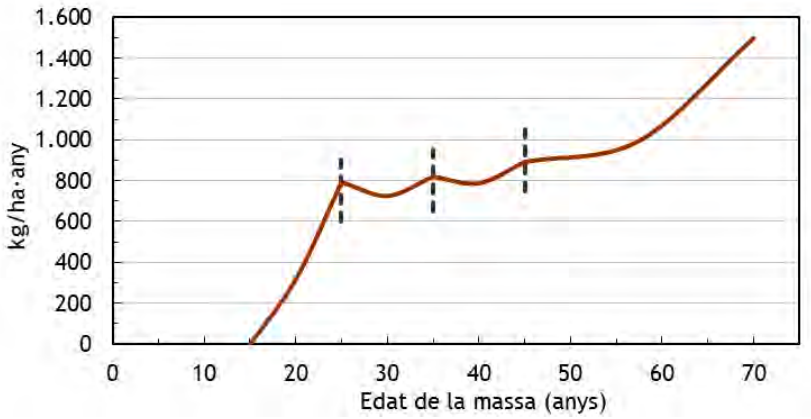
- **Final:** se realiza una vez se considere conseguida la regeneración con al menos 2.000 pies/ha que pasen de 1,3 m de altura, y no más tarde de 10 años después de la corta diseminadora. Los árboles jóvenes que quedan dañados se sacarán unos años más tarde en el clareo precomercial.

Modificaciones al modelo: regeneración por corta a hecho

- Corta a hecho con reserva: Entre 17,7 y 20 m de H_0 (63-99 años) se puede realizar una corta a hecho con reserva de unos 50 pies/ha, en función de las condiciones de la masa y el rodal. Los pies remanentes se extraerán unos años después, antes del clareo precomercial o se mantendrán a doble torno o torno físico. Si la regeneración resultante se observa insuficiente en un periodo inferior a 10 años, será necesario reforzarla con siembra o plantación.

La corta a hecho también podrá ser completa en un único tiempo, si inicialmente se contempla la regeneración artificial. En este caso, la densidad de plantación será de 600 a 1.000 pies/ha.

Producción estimada de piña por hectárea y año con la edad de la masa



Las líneas verticales indican los momentos de intervención propuestos en el modelo.

Calidad de estación alta. Producción de piña y aumento de la resistencia al fuego.

Estructura regularizada con torno de corta de 135-165 años (~60 cm). Régimen de claras selectivas cada 15-25 años. Densidad final de 125 pies/ha. Regeneración por aclareo sucesivo en tres fases o corta a hecho.

MODELO Ppa02

Productos y funciones

En condiciones adecuadas, considerando todo el torno del modelo, se produce una media orientativa de unos 1.900-2.000 kg/ha/año de piña, que van de los 600 kg/ha/año en las fases jóvenes hasta producciones de 3.000 kg/ha/año en las fases adultas. Estas producciones son estimadas, y pueden llegar a duplicarse en el mejor de los casos, como en algunas zonas costeras del Baix Empordà. También se puede obtener hasta 375 m^3/ha de madera durante la fase adulta (con diámetros superiores a los 40 cm).

Con tratamientos puntuales se consigue mantener la masa con una estructura de baja vulnerabilidad al fuego de copa durante buena parte del ciclo, con árboles de grandes dimensiones y poca presencia de árboles dominados y suprimidos, lo que confiere, a la vez, un mayor valor estético y social de las masas de pino piñonero.

Parámetros silvícolas del modelo

H_0	N	D_g	AB	VAE	Edad	Actuaciones	Ne	VAEe	ABe	RM	AM	DC
m	pies/ha	Cm	m^2/ha	m^3/ha	años		pies/ha	m^3/ha	%	%	m	m
7,3	> 2.000	14	-	-	13-16	Clareo precomercial	> 1.600	-	-	< 30	< 1,3	ind
7,3-12,3	400	14-30	< 28	< 168	16-31	Desbroce/s	-	-	-			
12,3	400	30	28	168	31-38	Clara selectiva mixta	175	47	28	ind	< 1,3	> 4
18,9	225	40	28	211	72-88	Clara selectiva mixta	100	60	28	ind	ind	> 5
> 23,7	125	57-60	31	318	117-165	Cortas de regeneración por aclareo sucesivo	125	> 318	40-100			
> 25	125	~60	32	330	> 130	Corta a hecho completa + plantación	125	330	100	-		

RM: recubrimiento de matorral; AM: altura de matorral; DC: distancia del matorral a la base de la copa.

Descripción técnica de las actuaciones

Clareo precomercial (siempre que H_0 > 7 m)

- Corta selectiva fuerte, que respeta los mejores 400 pies/ha en cuanto a la producción de piña. Los árboles productores se seleccionan muy espaciados entre ellos y sin ningún impedimento para el futuro aprovechamiento de piña.

- Para reducir la vulnerabilidad de la estructura, puede ser necesario un desbroce para reducir el recubrimiento del matorral a < 30% y su altura a < 1,3 m. También es recomendable hacer una poda baja de los árboles restantes hasta 1,5-2 m de fuste.

Desbroces previos a las claras selectivas mixtas (H_0 de 7,3 a 12,3 m)

- El matorral se mantiene con una altura < 1,3 m y un recubrimiento < 30%.

Claras selectivas mixtas (cuando AB ~28 m^2/ha)

- Se seleccionan los mejores pies en cuanto a la producción de piña y su aprovechamiento. La densidad se reduce en dos intervenciones hasta dejar los mejores 125 pies/ha.

- El área basimétrica máxima a extraer en cada intervención es del 30%, y se centra en favorecer a los mejores pies.

- Para mantener una baja vulnerabilidad de la estructura puede ser necesario un desbroce que elimine el matorral de altura > 1,3 m. Cuando el dosel tenga una Fcc < 70%, la altura y el recubrimiento del matorral son indiferentes, solo es necesario conseguir y mantener una distancia entre el matorral y la base de las copas de > 5 m.

Cortas de regeneración por aclareo sucesivo (opción 1)

- Preparatoria: se elimina hasta el 40% del volumen (o del AB), hasta reducir la densidad a 65 pies/ha.

- **Diseminadora:** unos 10 años después, idealmente con claros de regeneración avanzada, se elimina hasta el 55% del volumen (o del AB), hasta reducir a 30 pies/ha. Debe asegurarse la remoción de tierra, y se puede contemplar una dispersión adicional de semilla. Los pies remanentes se dejan homogéneamente repartidos pero procurando que en la corta siguiente se tenga que circular tan poco como se pueda por dentro del rodal.

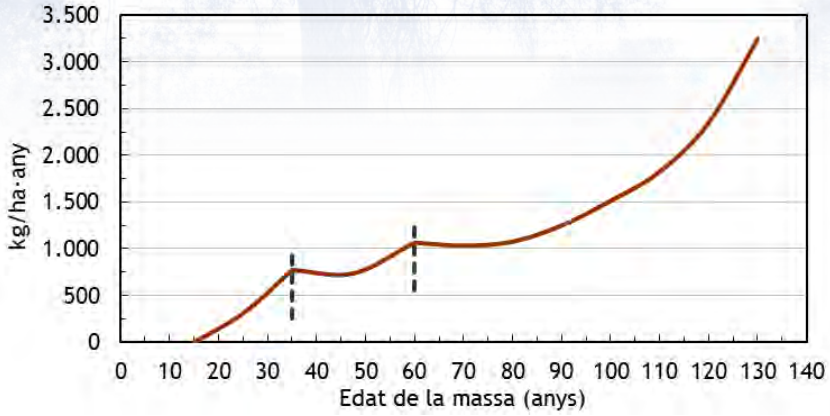
- **Final:** se realiza una vez se considere conseguida la regeneración con al menos 2.000 pies/ha que pasen de 1,3m de altura, y no más tarde de 10 años después de la corta diseminadora. Los árboles jóvenes que quedan dañados se sacarán unos años más tarde en el clareo precomercial.

Corta a hecho completa con plantación (opción 2)

- Corta a hecho completa: A partir de los 25 m de H_0 (130 años) se puede realizar una corta a hecho completa, en función de las condiciones de la masa y el rodal.

- **Plantación:** seguidamente a la corta, se realiza la plantación con un marco de 6 x 6 m, una densidad de 280 pies/ha. La densidad será superior si no se puede asegurar una calidad del material y mantenimiento posterior.

Producción estimada de piña por hectárea y año con la edad de la masa



Las líneas verticales indican los momentos de intervención propuestos en el modelo.

Calidad de estación alta. Producción de madera y aumento de la resistencia al fuego.

Estructura irregularizada. Diámetro máximo de 55 cm. Cortas de selección cada 10-12 años, con aperturas de 1.000 a 3.000 m². El área basimétrica extraída máxima es del 33%. Tratamientos para reducir la vulnerabilidad estructural.

MODELO Ppa04

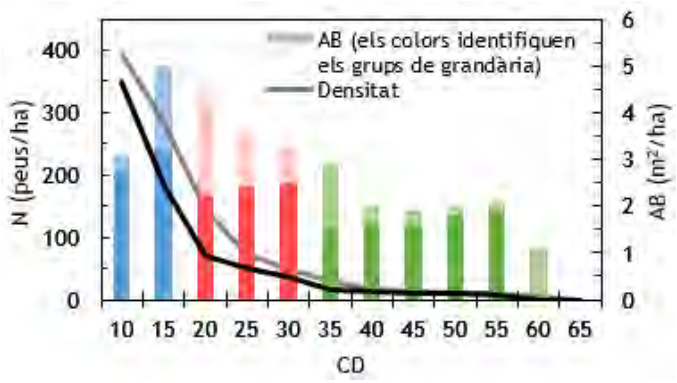
Productos y funciones

En condiciones adecuadas, se estima una producción de unos 60 m³/ha de madera por rotación (un crecimiento de la masa de unos 6 m³/ha/año). A la vez, se produce una media orientativa de unos 800-900 kg kg/ha/año de piña. Con tratamientos puntuales se consigue mantener la masa con una estructura de baja vulnerabilidad.

Este modelo favorece una estructura diversificada, con mayor presencia de árboles jóvenes que en el caso de los modelos regulares. Las masas irregulares crean un paisaje con una cubierta continua y aportan diversidad estructural al bosque.

Parámetros generales de control

Grupo de tamaño	CD	Referencia				Antes de actuar				A extraer		
		N pies/ha	Ab %	Fcc %	VAE m³/ha	N pies/ha	AB %	Fcc %	VAE m³/ha	N pies/ha	AB %	VAE m³/ha
Pequeño	10-15	530	27,6	25	45,5	677	26	33	59,9	147	26	14,4
Medio	20-30	154	33,2	24	37,7	264	36	39	60,6	110	36	22,9
Grande	≥ 35	56	39,3	23	52,2	81	38	34	74,7	25	38	22,5
Total		740	21,4 m²/ha	~70	135,4	1.022	31,5 m²/ha	~100	195,2	282	32	59,8



Producción de piña	RM	AM	DC
kg/ha/año	%	%	m
800-900	< 30	< 1,3	ind

RM: recubrimiento de matorral; AM: altura de matorral; DC: distancia del matorral a la base de la copa.

Descripción técnica de las actuaciones

Entresaca

- Se realiza sobre grupos de árboles de 1.000 a 3.000 m² distribuidos sobre el terreno y con un tamaño adecuado para la incorporación de regenerado viable.

- Se efectúa cuando la masa llega a los 31 m²/ha, orientativamente, cada 10-12 años, con una AB extraída máxima del 33% del AB inicial.

- En una misma intervención, se hacen tratamientos de mejora sobre los grupos de árboles de las clases diamétricas bajas y medias para regular la competencia, y cortas de regeneración sobre los grupos de árboles de clases diamétricas grandes; su extracción crea aperturas para la instalación de nuevo regenerado.

- Siempre se mantiene un criterio de selección positiva estricta del arbolado durante el marcaje de la intervención, dejando los pies más vitales de cada grupo de tamaño y siempre buscando la distribución de referencia por grupos.

- Para mantener una baja vulnerabilidad de la estructura, la entresaca se complementa con un desbroce de matorral casi completa (se permite un 30% de recubrimiento de combustible de superficie, pero corresponderá a regenerado de pino) y una poda baja (hasta 1,5 m) de los pinos de CD≥10 que tengan copa viva por debajo de 1,3 m.

Calidad de estación media. Producción de madera y aumento de la resistencia al fuego.

Estructura regularizada con torno de corta de 90-110 años (~40 cm). Régimen de claras por lo bajo cada 15 años. Densidad final de 300 pies/ha. Regeneración por aclareo sucesivo en tres fases.

MODELO Ppa05

Productos y funciones

En condiciones adecuadas, se estima una producción de unos 230 m^3/ha al final de torno (con diámetros próximos a los 40 cm) y unos 80 m^3/ha de madera comercial en los tratamientos intermedios (en total, un crecimiento de la masa de unos 3,4 m^3/ha/año). A la vez, se produce una media orientativa de unos 600-700 kg kg/ha/año de piña. Estas producciones son estimadas, y pueden llegar a duplicarse en el mejor de los casos, como en algunas zonas costeras del Baix Empordà.

Con tratamientos puntuales se consigue mantener la masa con una estructura de baja vulnerabilidad al fuego de copa durante buena parte del ciclo, con árboles de grandes dimensiones y poca presencia de árboles dominados y suprimidos, lo que confiere, a la vez, un mayor valor estético y social de las masas de pino piñonero.

Parámetros silvícolas del modelo

H_0	N	D_g	AB	VAE	Edat	Actuaciones	Ne	VAEe	ABe	RM	AM	DC
m	pies/ha	Cm	m^2/ha	m^3/ha	anys		pies/ha	m^3/ha	%	%	m	m
5,4	> 1.900	16	-	-	13-16	Clareo precomercial	> 1.000	-	-			
8,6	900	22	34	143	27-33	Clara por lo bajo	375	38	27	< 30	< 1,3	ind
11	525	27	30	158	40-49	Clara por lo bajo	225	43	27			
11-15,2	300	27-36	24-30	153-216	49-72	Desbroce/s	-	-	-	ind	< 1,3	> 4
15,2	300	36	30	216	72-88	Corta preparatoria	145	84	39			
16,1	155	38-40	17	136	81-99	Corta diseminadora	90	79	58	-		
17	65		8	67	90-110	Corta final	65	67	100			

RM: recubrimiento de matorral; AM: altura de matorral; DC: distancia del matorral a la base de la copa.

Descripción técnica de las actuaciones

Clareo precomercial (siempre que H_0 > 5 m)

- Corta semiselectiva respetando los pies que presenten una clara dominancia.

- La densidad se reduce hasta 900 pies/ha buscando un reparto homogéneo de los pies en el rodal.

- Para reducir la vulnerabilidad de la estructura, puede ser necesario un desbroce para reducir el recubrimiento del matorral a < 30% y su altura a < 1,3 m. También es recomendable hacer una poda baja de los árboles restantes hasta 1,5-2 m de fuste.

Claras por lo bajo (siempre que AB > 30 m^2/ha, aproximadamente cada 15 años)

- Se reduce progresivamente la densidad, siempre sin abrir en exceso el dosel de copa.

- El área basimétrica debe aproximarse a 30 m^2/ha antes de intervención (para la primera, el AB puede llegar a 34 m^2/ha).

- El área basimétrica máxima a extraer en cada intervención es del 30%.

- Para mantener una baja vulnerabilidad de la estructura, el matorral se mantiene con un recubrimiento < 30% y una altura < 1,3 m con un desbroce en la primera clara. Cuando la altura de copa llegue a los 5,5 m del suelo, el matorral puede tener cualquier recubrimiento pero no debe superar 1,3 m de altura.

Desbroce/s previos a la regeneración

Pasado un tiempo desde la última clara, pueden ser necesarios uno o varios desbroces selectivos para mantener el matorral con una altura < 1,3 m.

Cortas de regeneración

- Preparatoria: se elimina hasta el 40% del volumen (o del AB), hasta reducir el AB a 12-13 m^2/ha.

- **Diseminadora:** unos 10 años después, idealmente con claros de regeneración avanzada, se elimina hasta el 60% del volumen (o del AB), hasta reducir el AB a 6-7 m^2/ha. Debe asegurarse la remoción de tierra, y se puede contemplar una dispersión adicional de semilla. Los pies remanentes se dejan homogéneamente repartidos pero procurando que en la corta siguiente se tenga que circular tan poco como se pueda por dentro del rodal.

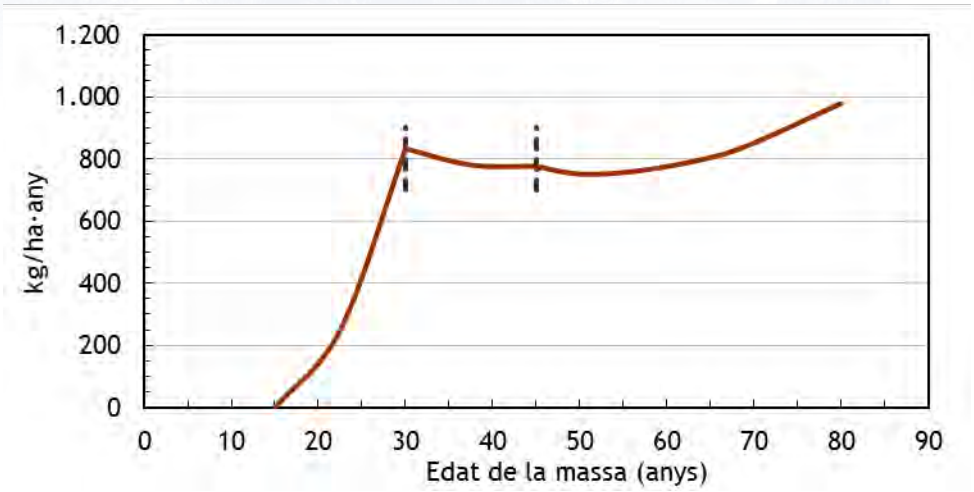
- **Final:** se realiza una vez se considere conseguida la regeneración con al menos 1.900 pies/ha que pasen de 1,3 m de altura, y no más tarde de 10 años después de la corta diseminadora. Los árboles jóvenes que quedan dañados se sacarán unos años más tarde en el clareo precomercial.

Modificaciones al modelo: regeneración por corta a hecho

- Corta a hecho con reserva: entre 15,2 y 17 m de H_0 (72-110 años) se puede realizar una corta a hecho con reserva de unos 50 pies/ha, en función de las condiciones de la masa y el rodal. Los pies remanentes se extraerán unos años después, antes del clareo precomercial, o se mantendrán a doble torno o torno físico. Si la regeneración resultante se observa insuficiente en un periodo inferior a 10 años, será necesario reforzarla con siembra o plantación.

La corta a hecho también podrá ser completa en un único tiempo, si inicialmente se contempla la regeneración artificial. En este caso, la densidad de plantación será de 600 a 1.000 pies/ha.

Producción estimada de piña por hectárea y año con la edad de la masa



Las líneas verticales indican los momentos de intervención propuestos en el modelo.

Calidad de estación media. Producción de madera y aumento de la resistencia al fuego.

Estructura irregularizada. Diámetro máximo de 45 cm. Cortas de selección cada 15-17 años, con aperturas de 1.000 a 3.000 m². El área basimétrica extraída máxima es del 39%. Tratamientos para reducir la vulnerabilidad estructural.

MODELO Ppa08

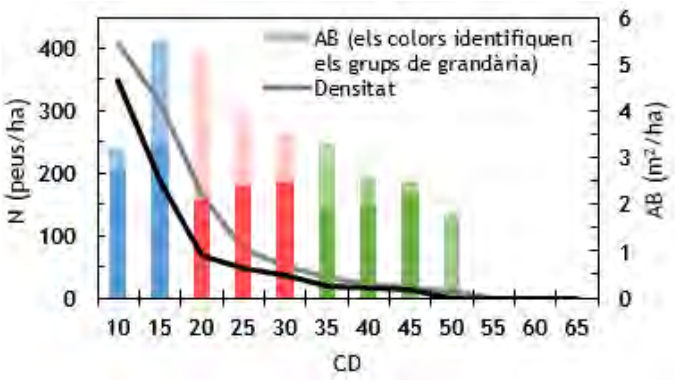
Productos y funciones

En condiciones adecuadas, se estima una producción de unos 60 m³/ha de madera por rotación (un crecimiento de la masa de unos 4 m³/ha/año). A la vez, se produce una media orientativa de unos 650-750 kg kg/ha/año de piña. Con tratamientos puntuales se consigue mantener la masa con una estructura de baja vulnerabilidad.

Este modelo favorece una estructura diversificada, con mayor presencia de árboles jóvenes que en el caso de los modelos regulares. Las masas irregulares crean un paisaje con una cubierta continua y aportan diversidad estructural al bosque.

Parámetros generales de control

Grupo de tamaño	CD	Referencia				Antes de actuar				A extraer		
		N	Ab	Fcc	VCC	N	AB	Fcc	VAE	N	AB	VCC
		pies/ha	%	%	m³/ha	pies/ha	%	%	m³/ha	pies/ha	%	m³/ha
Pequeño	10-15	533	31	25	38,3	720	28	36	53,7	187	28	15,4
Medio	20-30	152	37	24	31,2	293	40	42	55,6	141	40	24,4
Grande	≥35	50	32	18	29,7	80	32	29	50,0	30	32	20,3
Total		735	19,1 m²/ha	~65	99,2	1.093	31,5 m²/ha	~100	159,3	358	39	60,1



Producción de piña	RM	AM	DC
kg/ha/año	%	%	m
650-750	< 30	< 1,3	ind

RM: recubrimiento de matorral; AM: altura de matorral; DC: distancia del matorral a la base de la copa.

Descripción técnica de las actuaciones

Entresaca

- Se realiza sobre grupos de árboles de 1.000 a 3.000 m² distribuidos sobre el terreno y con un tamaño adecuado para la incorporación de regenerado viable.

- Se efectúa cuando la masa llega a los 31 m²/ha, orientativamente, cada 15-17 años, con una AB extraída máxima del 39% del AB inicial.

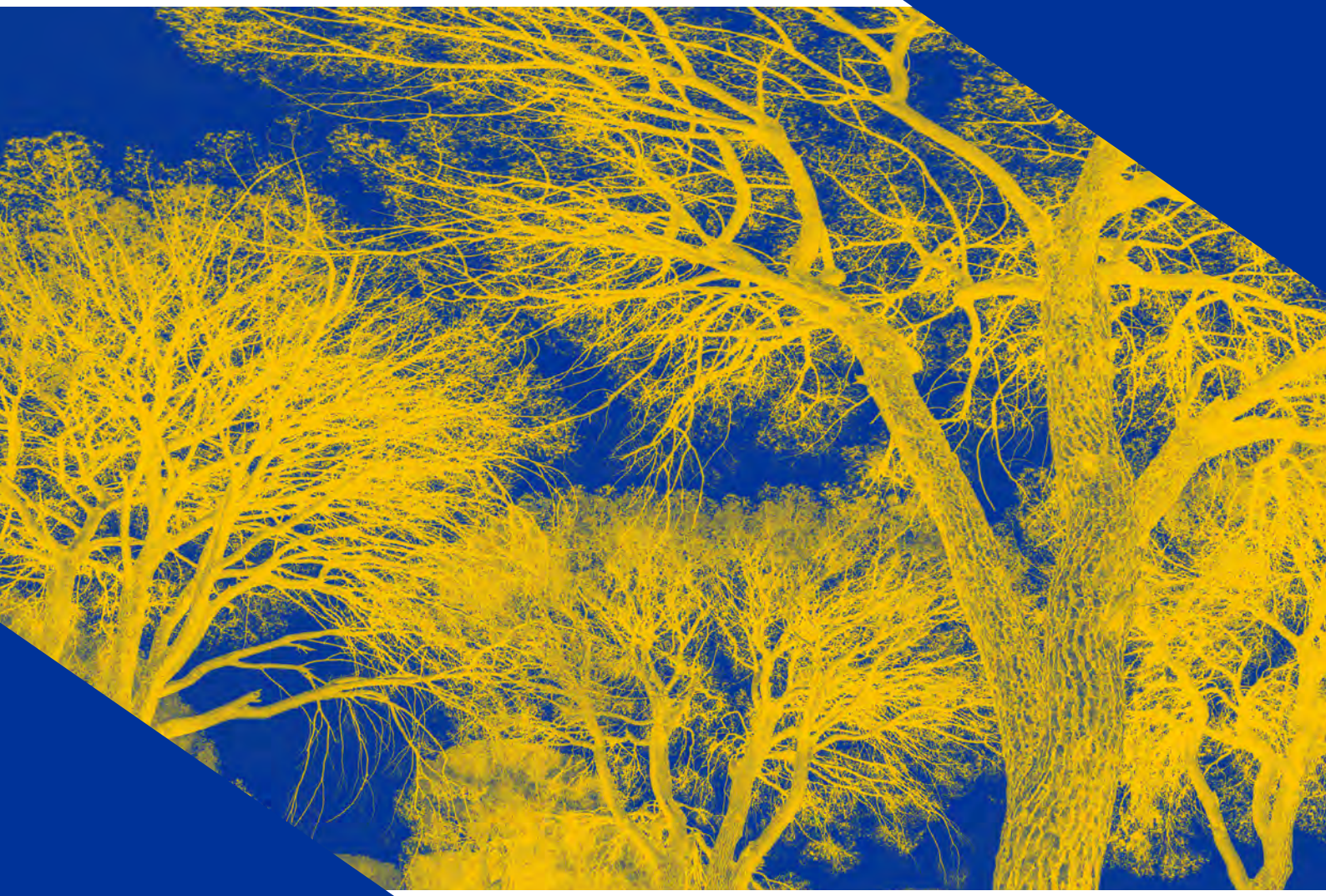
- En una misma intervención, se hacen tratamientos de mejora sobre los grupos de árboles de las clases diamétricas bajas y medias para regular la competencia, y cortas de regeneración sobre los grupos de árboles de clases diamétricas grandes; su extracción crea aperturas para la instalación de nuevo regenerado.

- Siempre se mantiene un criterio de selección positiva estricta del arbolado durante el marcaje de la intervención, dejando los pies más vitales de cada grupo de tamaño y siempre buscando la distribución de referencia por grupos.

- Para mantener una baja vulnerabilidad de la estructura, la entresaca se complementa con un desbroce de matorral casi completa (se permite un 30% de recubrimiento de combustible de superficie, pero corresponderá a regenerado de pino) y una poda baja (hasta 1,5 m) de los pinos de CD≥10 que tengan copa viva por debajo de 1,3 m.

Interreg
POCTEFA
UNIÓN EUROPEA
UNION EUROPÉENNE

QUALITY_PINEA



CTFC

CNPF

Cooperativa Forestal