

MANUAL DE CLARAS PARA REPOBLACIONES DE *Pinus pinea* L.



JUNTA DE ANDALUCIA
Consejería de Medio Ambiente





MANUAL DE CLARAS PARA REPOBLACIONES DE *Pinus pinea* L.

AUTORES

Dirección y Redacción:	G. Montero ¹ , J.A. Candela ²
Toma de datos de campo:	M. Gutiérrez La O ³ , J. Pavón ² , C. Ortega ¹
Tratamiento de datos:	C. García Güemes ¹ , I. Cañellas ¹

¹ Área de Selvicultura y Mejora Forestal, CIFOR-INIA
Carretera de La Coruña Km. 7,5 28.040 - MADRID

² Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Delegación Provincial de Huelva.
Rascón, 2 21.001 - HUELVA

³ Empresa de Gestión Medio Ambiental S.A.
Alcalde José M^a del Amo, 2 21.001 - HUELVA

ÍNDICE

0. INTRODUCCIÓN	1
1. CARACTERIZACIÓN DE LAS CLARAS	3
1.1. Definición de clara	3
1.2. Tipo de clara	4
1.3. Edad de iniciación	6
1.4. Peso de la clara	6
1.5. Rotación	7
1.6. Grado de un régimen de claras	7
1.7. Intensidad de un régimen de claras	8
2. EXPERIENCIAS SOBRE CLARAS EN <i>Pinus pinea</i>	9
2.1. Introducción	9
2.2. Experiencia española	10
2.3. Experiencia italiana	12
2.4. Experiencia portuguesa	16
2.5. Resumen de las experiencias	16
3. MANUAL DE CLARAS PARA <i>Pinus pinea</i>	19
3.1. Diseño del programa para densidades iniciales elevadas	21
3.1.1. Consideraciones previas	21
3.1.2. Índices habituales de estimación de densidad	21
3.1.3. Índice de densidad de Reineke	23
3.1.4. Toma de datos	26
3.1.5. Resultados	28
3.2. Diseño del programa para repoblaciones lineales con densidades iniciales bajas	37
4. BIBLIOGRAFÍA	46

0.- Introducción

La determinación de la densidad más conveniente para la producción de fruto y madera es tema de permanente discusión en la práctica selvícola y en la bibliografía especializada. La peculiaridad del aprovechamiento de los montes de *Pinus pinea* permite considerar una amplia gama de densidades como óptimas o aceptables para la producción de fruto y/o madera, dependiendo de la mayor o menor importancia dada a una u otra producción. Esta dualidad de producciones que requieren, en principio, distintas densidades, ha llevado a la selvicultura de *Pinus pinea* a un estado de fluctuación permanente de la densidad de la masa, dependiendo de la demanda del mercado y de la concepción del selvicultor. Éste ha tenido que actuar movido casi siempre por su experiencia o intuición, ya que en España no existen estudios suficientes sobre la selvicultura de esta especie que permitan cuantificar de forma objetiva cuáles son las densidades óptimas para la producción de fruto y/o madera. Por otra parte la función protectora que muchas veces cumplen las masas de *Pinus pinea* debe ser tenida en cuenta cuando se trate de aplicar un programa de selvicultura intensiva.

Convencidos de la falta de información necesaria para gestionar las masas de *Pinus pinea*, la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía a través de la Delegación Provincial de Huelva, el Área de Selvicultura y Mejora Forestal del C.I.FOR.-I.N.I.A. y EGMASA decidieron acometer un programa de investigación en el que se pretende cuantificar la influencia de la densidad, poda y otras actuaciones selvícolas en la producción de piña y madera. Este programa se está desarrollando principalmente en montes del sur de la provincia, en los términos municipales de Hinojos, Almonte, Moguer, Cartaya y Gibrleón, y sus resultados se hallan en fase de elaboración. La segunda parte del estudio contempla el desarrollo de un programa de claras, especialmente orientado a las repoblaciones de Sierra Morena, en el norte de la provincia de Huelva. Las particularidades de estas masas, generalmente instaladas en zonas con pendiente elevada sobre suelos pobres y degradados, exigen la elaboración de un programa de claras específico en el que predomine la función protectora. La producción de madera es relativamente alta oscilando, según la calidad de estación, entre 2 y 4 m³/ha/año a turnos de 70-80 años. La producción de piña es relativamente baja y de difícil recolección dadas las fuertes pendientes y la abundancia de matorral heliófilo que invade los pinares más aclarados.

Los diferentes métodos de repoblación y, dentro de ellos, las distintas densidades de plantación o de siembra añaden otro factor de variabilidad a estas masas. Muchas de las primeras repoblaciones, que comenzaron masivamente a partir de los años 40, se hicieron

por siembra o plantación con más de 2.500 pies/ha y siembra a voleo simultánea. La ausencia de clareos y claras ha llevado a masas hiperdensas conocidas con el gráfico nombre de “trigales de piñonero”. Otras masas similares han sido destruidas por incendios forestales. En los últimos años se ha recurrido a plantaciones con densidades iniciales que oscilan entre los 1.600 y 850 pies/ha, muy lejos de las densidades iniciales que alcanzaban las primeras repoblaciones.

Las variaciones en tamaño de los árboles, densidad y reparto superficial se debe a la microtopografía (vaguadas, umbrías, zonas de cumbre, etc.), que junto a las variaciones edáficas crean condiciones especiales de desarrollo. Los diferentes métodos de repoblación imponen, lógicamente, diferentes modelos de distribución superficial de los árboles, circunstancia que debe ser considerada a la hora de aplicar un programa de claras. Las densidades alcanzadas por las masas actuales dependen tanto del sistema de repoblación como de las intervenciones selvícolas realizadas. Cuando se ha partido de densidades excesivamente altas, como es el caso de repoblaciones procedentes de siembras a voleo, ha resultado difícil bajar la densidad a las cifras que la alta edad de estas masas podría hacer aconsejable. Ello es debido a la pequeña dimensión de los árboles, al escaso desarrollo de sus copas y al riesgo de derribo por viento que presentan los árboles que han vivido durante mucho tiempo en espesura excesiva. Por este motivo no es raro encontrar masas de 50-60 años que, después de haber realizado dos claras, mantienen densidades superiores a los 1.000 árboles/ha.

Teniendo en cuenta las peculiaridades de estas repoblaciones se diseñó un sistema de toma de datos consistente en la inventariación de 56 parcelas, distribuidas de forma que abarcasen toda la variación de edades y diámetros medios de la masa. Con los datos obtenidos se ha elaborado el índice de densidad de Reineke, que ha permitido definir un programa o régimen de claras que consideramos adecuado para su aplicación en la zona objeto de estudio.

1.- Caracterización de las claras

Las claras pueden caracterizarse cuantitativa y cualitativamente. Desde el punto de vista cuantitativo, las claras se caracterizan a través de índices de espaciamiento o de otras magnitudes de la masa que hagan referencia a la cantidad de materia extraída en una clara (peso de la clara) o en una serie de claras consecutivas (régimen o programa de claras). Cualitativamente, las claras se caracterizan mediante índices o magnitudes de la masa que hagan referencia al estrato o categoría dimensional de los pies a los que afecta la clara, dando lugar a los distintos tipos de clara: bajas, altas, mixtas, sistemáticas y selectivas.

Con frecuencia surgen discordancias en la interpretación de los distintos conceptos que definen y caracterizan un régimen de claras, por lo cual presentamos un resumen de los principales siguiendo a MONTEIRO (1982). Conviene retener las definiciones de los siguientes conceptos que caracterizan una clara (una única intervención) o un régimen de claras (una serie de intervenciones, es decir, varias claras).

1.1 Definición de clara

Las claras son intervenciones selvícolas selectivas que persiguen fundamentalmente las siguientes finalidades:

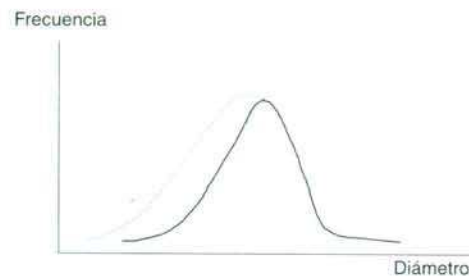
- Controlar la densidad de la masa en todas las etapas de su desarrollo, de forma que sus producciones y utilidades sean máximas.
- Mejorar el vigor vegetativo y la calidad de la masa que queda en pie.
- Obtener productos secundarios que tengan un valor en el mercado.

La realización de una clara se traduce en una redistribución del potencial productivo de la estación en los árboles seleccionados, siempre que no se sobrepase un límite mínimo la densidad. Por encima de este umbral, no bien determinado para *Pinus pinea*, la productividad total de la estación no varía, lo que permite al selvicultor realizar claras más o menos fuertes sin riesgo de disminuir la productividad de biomasa por hectárea. Esta certeza experimental se cumple siempre para la producción de madera, pero se desconoce su comportamiento en la producción de piña.

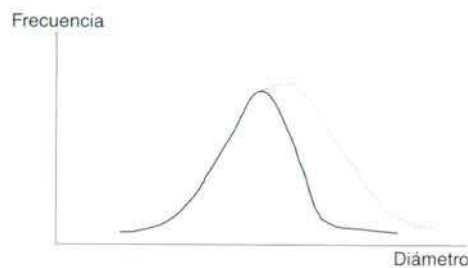
1.2. Tipo de clara

Indica a qué clase de árboles afecta la clara. Así, distinguimos los siguientes tipos de claras:

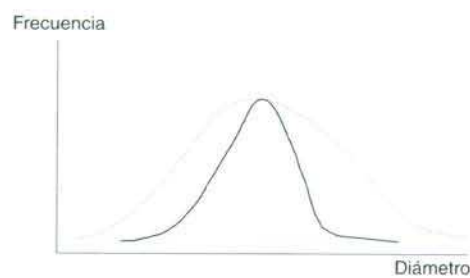
- a. Claras bajas, cuando se extraen los árboles dominados, comprimidos, dañados, muertos y moribundos de la masa.



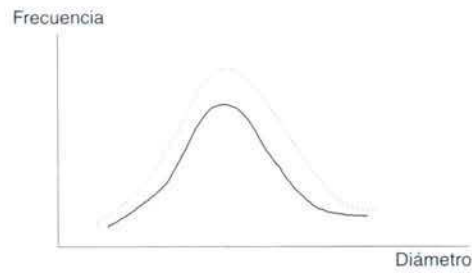
- b. Claras altas, si se extraen fundamentalmente los árboles codominantes y dominantes de la masa, dejando árboles codominantes que sean prometedores.



- c. Claras mixtas cuando se extraen los dominados y comprimidos y también una proporción de dominantes y codominantes que presentan defectos, como ahorquillados, torcidos, ramosos, etc.



- d. Claras sistemáticas cuando los árboles se extraen mediante un criterio previamente fijado, por ejemplo, cortar un árbol sí y uno no, uno sí y dos no, etc. Este tipo de claras se da casi siempre en repoblaciones realizadas en líneas.



- e. Claras selectivas. Aunque en rigor toda clara no sistemática es selectiva, esta denominación suele aplicarse cuando la corta afecta a los pies que tienen mejores características y mayor valor en mercado. Se diferencian de las claras altas o por lo alto en que éstas intentan mejorar el desarrollo de los árboles de los pisos intermedio e inferior.
- f. Claras con selección de árboles de porvenir. Consisten en elegir un número reducido de árboles que permanecerán hasta el final del turno. Estos árboles serán seleccionados por alguna característica que se considere interesante pensando en su aprovechamiento futuro (rectitud de fuste, proporcionalidad de copa, producción de fruto, etc.). Una vez seleccionados, todas las claras irán dirigidas a liberarles de competencia y a hacer posible que su desarrollo se lleve a cabo con la menor interferencia posible por parte del resto de los pies de la masa. Desde un punto de vista cualitativo son claras mixtas en las que se han identificado y señalado los árboles de porvenir *a priori*.

La caracterización cuantitativa del tipo de clara se realiza a través de índices que comparan el valor medio de una variable de los productos extraídos con el valor medio de esa misma variable referida a la masa antes de la intervención. Los índices más empleados son los siguientes:

$$I_d = \frac{d_{ex}}{d_{ac}}$$

$$I_v = \frac{v_{ex}}{v_{ac}}$$

dex: diámetro medio de la masa extraída.

dac: diámetro medio de la masa antes de la clara.

vex: volumen del árbol medio extraído en la clara.

vac: volumen del árbol medio de la masa antes de la clara.

Valores inferiores a 0,6 son los habituales en las claras bajas. Entre 0,6 y 0,8 son característicos de las claras mixtas, mientras que en las claras altas son propios valores superiores a 0,8. En las claras sistemáticas el valor debe estar muy próximo a 1,0. Estos índices están muy influenciados por la homogeneidad de la masa: masas con un reducido rango diamétrico darán valores de los índices más próximos para cualquier tipo de clara que aquellas que presenten un rango amplio de distribución diamétrica.

1.3. Edad de iniciación

La edad de iniciación de las claras depende de la especie y de los objetivos selvícolas perseguidos. En especies productoras de madera de calidad suele ser aconsejable retardar lo más posible la edad de la primera clara para forzar la poda natural. Por el contrario, si se desea favorecer la producción de piña es muy conveniente comenzar las claras a edad temprana para que los árboles puedan desarrollar la copa. Si las claras comienzan a edad avanzada, los árboles pierden capacidad para reaccionar y desarrollar una copa amplia y globosa que favorezca la producción de fruto. En especies netamente productoras de madera, suele fijarse la edad de la primera clara en función de la altura dominante y el índice de copa viva. En zonas llanas y dirigidas a la producción de piña las claras habrán de ser más precoces y fuertes que en aquellas donde la masa cumple además una función protectora, siendo la producción de piña un objetivo secundario.

1.4. Peso de clara

Se define por la cantidad de materia vegetal que se extrae en cada clara, referida a número de pies por hectárea, área basimétrica, volumen, toneladas de biomasa, etc. Según el peso de las claras, éstas se clasifican en débiles, moderadas o fuertes.

La cuantificación relativa del peso de la clara es lo que se denomina como grado de una clara. Sea V_{ac} el volumen de la masa en pie antes de la clara, V_{dc} el volumen de la masa después de la clara y V_{ex} el volumen extraído en la clara. El grado de clara expresado en porcentaje vendrá dado por:

$$G_c = \frac{V_{ac} - V_{dc}}{V_{ac}} \cdot 100 = \frac{V_{ex}}{V_{ac}} \cdot 100$$

1.5. Rotación

Es el número de años transcurridos entre dos claras consecutivas. En términos generales, se considera que la rotación es corta cuando es igual o menor de cinco años y larga cuando supera los 10. No obstante, es habitual expresar la rotación en función del turno y definir la rotación como corta si es menor del 10% del turno y larga si supera el 10% del mismo.

1.6. Grado de un régimen de claras

Es la relación entre el volumen, el área basimétrica o el número de pies extraído en todas las claras realizadas hasta la edad actual y la misma variable total de la masa correspondiente a esa edad:

$$GRc = \frac{\sum V_{ex}}{VT} \cdot 100 = \frac{\sum V_{ex}}{V_{dc} + \sum V_{ex}} \cdot 100$$

$$GRc = \frac{\sum Ab_{ex}}{AB_{total}} \cdot 100 = \frac{\sum Ab_{ex}}{Ab_{dc} + \sum Ab_{ex}} \cdot 100$$

$$GRc = \frac{\sum N_{ex}}{N_{inic}} \cdot 100$$

N_{inic} : número de pies inicial antes de la primera clara

Refiriéndonos al volumen y al área basimétrica, se considera que se está aplicando un régimen de clara débil cuando el porcentaje es menor del 20%; moderado cuando este porcentaje se aproxima al 40% y fuerte cuando alcanza valores en torno al 60% o superiores. Para el número de pies el índice pierde utilidad práctica al no poder generalizarse sus valores, ya que esta variable no depende del crecimiento de la masa sino únicamente de la situación inicial.

1.7. Intensidad de un régimen de clara

Se define mediante el cociente entre el volumen extraído en una clara (V_{ex}) o en una serie de claras consecutivas ($\sum V_{ex}$) y el número de años transcurridos desde la primera hasta la última clara, es decir, si m es el número de claras realizadas y n la rotación, la intensidad viene definida por:

$$I = \frac{\sum V_{ex}}{m \cdot n}$$

La intensidad define el volumen medio anual extraído a lo largo del periodo de aplicación de las claras y suele relacionarse con el crecimiento anual. Una intensidad alta puede conseguirse con claras débiles y frecuentes o mediante claras fuertes y muy espaciadas. Los autores ingleses gradúan las claras en función del crecimiento corriente entre dos claras consecutivas, fijando el peso de la siguiente clara como un porcentaje del crecimiento producido desde la última clara. Con este criterio, los forestales ingleses extraen en cada clara, generalmente, el 70-75% de dicho crecimiento.

2.- Experiencias sobre claras en *Pinus pinea*

2.1. Introducción

Las primeras referencias sobre aplicación de un programa de claras se remontan a 1791, cuando Hartig publicó en Alemania el llamado reglamento de claras cuya influencia en la silvicultura se hace sentir todavía (CARVALHO OLIVEIRA, 1985). Este autor preconizaba la realización de claras bajas moderadas, con rotaciones de 10 años y una edad de iniciación próxima a los 20 años. Sus experiencias se realizaron en masas mixtas de *Quercus petraea* y *Fagus sylvatica* y en masas puras de *Picea abies* y *Pinus sylvestris*. El objetivo primordial era obtener leña para los hogares domésticos mejorando la masa que quedaba en pie.

Simultáneamente, Varenne de Fenille describía el tipo de clara que era conveniente realizar en masas mixtas de *Quercus petraea* y *Fagus sylvatica* cuando el objetivo era obtener fuste de *Quercus petraea* de alta calidad. Este investigador aconsejaba la ejecución de claras altas que afectasen a los pies de haya y liberaran a los buenos ejemplares de roble para que estos se desarrollasen con la menor competencia posible (MAYER, 1977).

Es de resaltar el hecho de que los dos tipos de claras más universalmente utilizados (claras bajas o alemanas y claras altas o francesas) llevan 200 años de aplicación en el Norte y Centro de Europa, aunque la investigación y la experimentación sobre claras no se iniciase hasta finales del siglo XIX.

En España, las primeras parcelas experimentales se instalan en Galicia entre 1940-45 sobre masas artificiales de *Pinus radiata* y *Pinus pinaster* (ECHAVARRÍA, 1943 y ECHEVARRÍA Y DE PEDRO, 1944). En 1964 la Sección de Ordenación de Montes del Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (hoy Área de Silvicultura y Mejora Forestal del CIFOR-INIA) comienza un programa de investigación sobre claras, que inicialmente se dirige a *Pinus radiata* y *Pinus pinaster* en Galicia (PITA Y MORENO, 1970). A partir de 1968 se comienzan unas experiencias sobre claras en *Pinus sylvestris* (MADRIGAL *et al.*, 1985 y GÓMEZ Y MONTERO, 1989). Posteriormente, en 1980, A. Madrigal y G. Montero inician un programa de recuperación de todas las parcelas de experiencias instaladas entre 1964-70 por P. Pita Carpenter y que se encontraban en un estado de semiabandono, y extienden la red de experimentación a *Pinus pinaster* en el

interior de la Península y a *Pinus nigra*. Esta red, que en la actualidad cuenta con 16 sitios de ensayo y más de 120 parcelas experimentales, persiste en el Área de Selvicultura y Mejora Forestal del CIFOR-INIA. En dichas parcelas se ensayan y comparan diferentes tipos de clara, pesos y rotaciones, con el fin de determinar el mejor régimen de claras para cada especie y calidad de estación.

Hasta la fecha, este programa de claras se ha dirigido a especies netamente productoras de madera, olvidando algunas de nuestras más representativas especies genuinamente mediterráneas, como *Pinus pinea*.

2.2. Experiencia española

Si consideramos la escasa bibliografía existente en España sobre la densidad más conveniente que deben tener las masas de *Pinus pinea*, nos encontramos con criterios muy diferentes según los autores. Así ROMERO (1886), que ha sido el autor que ha tratado la selvicultura de *Pinus pinea* con mayor rigor e intensidad, propone el siguiente programa de claras buscando la máxima protección del suelo y la óptima producción de madera y de fruto:

EDAD A LA QUE SE REALIZA LA CLARA (años)	DENSIDAD TRAS LA CLARA (pies/Ha)
10	4500
20	3300
30	2300
40	1500
60	900
80	500

Estas densidades que él proponía como deseables pocas veces se han alcanzado en los montes de la provincia de Valladolid, en la que ejecutó numerosos trabajos selvícolas como ingeniero encargado de la gestión de los montes de *Pinus pinea*.

XIMÉNEZ DE EMBÚN (1959) propone, para la producción mixta de piña y madera, partir de 1.600-1.700 árboles/ha a los 10-12 años y, tras realizar cuatro claras cuando la masa alcanza los 10, 15, 30 y 45 cm de diámetro medio, llegar a los 130 pies/ha a los 85 años, manteniendo esta densidad hasta el final del turno.

SÁNCHEZ CÓZAR (1963) propone un modelo para repoblaciones por siembra realizadas en los montes de Aznalcázar y Puebla del Río (Sevilla). El autor fija el turno en 40-50 años, realizándose el aprovechamiento por cortas a hecho y posterior regeneración por siembra. El programa de claras sugerido se resume en el siguiente cuadro:

EDAD A LA QUE SE REALIZA LA CLARA (años)	DENSIDAD TRAS LA CLARA (pies/Ha)
7	1200
12	700
15	500
22	450
30	400

Este autor no tiene en cuenta la producción de fruto y sin embargo concede gran importancia a la producción de leña y chamiza obtenida de las diferentes claras, muy apreciadas en el mercado local en aquella época. La producción final de madera a turno de 40 años la fija en 320 m³/ha y un diámetro medio de 36 cm, tratándose de buenas calidades de estación.



Aspecto general de una repoblación representativa de la Sierra de Huelva en la que se ha realizado la primera clara.

MONTOYA (1989), en un trabajo de recopilación y síntesis bibliográfica, propone partir de 625 pies/ha después de la primera clara a los 10-15 años y terminar con 100 pies/ha después de la 5ª clara a los 60-65 años. Las claras deberán realizarse cada 10 o 20 años según se trate de una selvicultura más o menos intensiva.

Las ideas y cifras comentadas son fruto de la experiencia profesional de sus autores y de mediciones puntuales realizadas sobre masas en las que se ha aplicado una selvicultura basada en la experiencia empírica de cada zona. Por consiguiente, no permiten deducir cuál es la densidad más adecuada para la producción de madera o piña, ya que carecen de una mínima base experimental diseño experimental que permitiría contrastar las producciones obtenidas con distintas densidades.

2.3. Experiencia italiana

En Italia se han planteado diversos modelos de tratamiento selvícola para esta especie y, al igual que en España, existen dos tendencias:

- Los que defienden la tesis de BIONDI Y RIGHINI (1910), que centran su actuación selvícola en obtener masas claras cuya finalidad principal es la producción de piña, sostienen la necesidad de intervenir muy precozmente realizando limpias y claras frecuentes acompañadas de podas. Como puntos de referencia proponen una primera clara a los 10-12 años dejando 800 plantas/ha para llegar a densidades de 200 árboles/ha a los 20 años y 100 a los 30 años, en que ya fija la densidad definitiva. Se trata de una selvicultura intensiva dirigida fundamentalmente a la producción de fruto.
- Otros como DITELLA (1926) consideran indispensable, a fin de obtener fustes rectos, altos y sin nudos, mantener la masa densa hasta los 20-25 años. Sólo a partir de esa edad se interviene en la masa con claras, que habrán de ser cada vez más fuertes para llegar a una densidad entre 100 y 150 árboles/ha al final del turno de 80 años. Este autor defiende la función protectora de la masa y la producción de madera en masas de estructura regular frente a la producción de fruto, que pasa a tener un interés secundario.

MERENDI (1921, 1931) se sitúa en una posición intermedia. Defiende la necesidad de mantener una cierta densidad en las masas jóvenes para que no se formen fustes demasiado ramosos. Esta densidad debe mantenerse hasta que la masa alcance una altura de

8 m, lo que se suele producir a los 15 años según los datos de su estudio. Propone claras frecuentes, cada vez más fuertes, de tal forma que la distancia entre copas no sea menor de 1 m. Con estas hipótesis fija la densidad definitiva en 100 árboles por hectárea a los 40 años. El objetivo es conseguir árboles de fustes rectos con alto valor maderero y que a partir de los 40 años presenten cosechas de piñas abundantes.

PAVARI (1955) propone partir de 500-600 pies por hectárea a los 10 años, alcanzar una densidad de 300-400 árboles por hectárea a los 40 años y llegar al final del turno (80-100 años) con densidades que oscilan entre 70 y 180 árboles por hectárea, dependiendo de la estación y de la producción preferente. Para conseguir estos objetivos propone el siguiente programa de claras: 1ª clara a los 15-20 años; 2ª clara entre los 20 y 25 años; 3ª clara entre 25-30 años y 4ª clara entre los 35-40 años. A partir de los 50-60 años se realizan cortas de mejora.



Repoblación sobre dunas en la que se ve los efectos perniciosos de la eliminación de la cubierta vegetal en montes protectores. El pinar consiguió fijar las dunas, que vuelven a moverse tras la desaparición del pinar. Oristano, Cerdeña (Italia).

BORONI (1973), en su estudio sobre el pinar de Cecina, situado en arenas litorales, propone una densidad final de 200 árboles por hectárea a los 60 años, fijando el turno en 80 años. Para lograr esta densidad final propone realizar claras débiles y frecuentes, comenzando la primera clara a la edad de 15-20 años.

LA MARCA (1989), en sus tablas de producción, no hace referencia a la densidad más indicada para la producción de piña o madera, pero los datos reales del pinar estudiado ofrecen densidades próximas a los 250 pies/ha a los 60 años.

CANTIANI Y SCOTTI (1988) han desarrollado un modelo de crecimiento basado en árboles individuales y en diferentes tratamientos selvícolas. Este modelo es fruto de la propia experiencia de los autores, de la observación de numerosos montes sometidos a distintos regímenes selvícolas y de una minuciosa revisión bibliográfica. Los autores parten de tres densidades distintas (A,B y C) expresadas en número de árboles por hectárea a los 20 años: A=200 árboles; B=350 árboles y C=500 árboles. En el grupo A se aplican dos regímenes de claras, mientras que en los grupos B y C se aplican 3 regímenes de claras, lo que supone en realidad un abanico de ocho modelos selvícolas diferentes. En el CUADRO 1 se expone la evolución del número de árboles por hectárea en función de la edad, así como las edades a las que se deben realizar las claras en cada modelo y la periodicidad o rotación de las mismas.

El modelo A proporciona espaciamientos elevados en las primeras edades, lo que determina un amplio desarrollo de la copa y una mayor producción de fruto por individuo. Este modelo parece especialmente dirigido a la producción de piña.

El modelo B presenta un número de claras progresivamente creciente en sus tres tratamientos: 2 claras en B-0, 3 claras en B-1 y 5 claras en B-2. En nuestra opinión, 5 intervenciones de claras son excesivas en el modelo B-2, por lo que proponemos la eliminación de las realizadas a los 26 y 32 años y redistribuir las tres restantes: parece evidente que no tiene mucho sentido hacer una clara fuerte a los 58 años, ya que la producción máxima de piña se produce (según la bibliografía) entre los 40 y 70-80 años. Por otra parte, seleccionar sólo 74 árboles por hectárea a los 58 años supone que lleguen al final del turno (100 años) un número muy reducido de árboles, aun partiendo de la hipótesis de que en esos 40 años la mortalidad por diversas causas sea muy baja. Este extremo no suele ser tenido en cuenta por numerosos autores, lo cual indica un cierto desconocimiento de la realidad selvícola de los pinares de pino piñonero y una excesiva tendencia a confundir la silvicultura con la arboricultura agronómica. Los tratamientos B-0 y B-1 están orientados, según estos autores, a producción mixta de madera y piña.

A=200 pies/Ha			
A-0		A-1	
EDAD	N/Ha	EDAD	N/Ha
20	200	20	200
*	200	24	159
*	200	28	126
*	200	34	100
*	200	40	78
*	200	*	78
*	200	*	78
100	200	100	78

B=200 pies/Ha					
B-0		B-1		B-2	
EDAD	N/Ha	EDAD	N/Ha	EDAD	N/Ha
20	350	20	350	20	350
38	265	26	245	22	271
50	198	36	168	26	203
*	198	50	113	32	148
*	198	*	113	42	106
*	198	*	113	58	74
*	198	*	113	*	74
100	198	100	113	100	74

C=200 pies/Ha					
C-0		C-1		C-2	
EDAD	N/Ha	EDAD	N/Ha	EDAD	N/Ha
20	500	20	500	20	500
34	401	26	362	22	360
42	313	34	251	28	248
52	235	45	170	36	164
*	235	*	170	50	108
*	235	*	170	*	108
*	235	*	170	*	108
100	235	100	170	100	108

CUADRO 1. Evolución del n° de árboles por hectárea en función de las edad para tres hipótesis iniciales (A, B y C), según el modelo de CANTIANI y SCOTTI (1989)

Los tratamientos considerados en el modelo C presentan el mismo número de claras en C-0 y C-1. Solamente varían las edades de aplicación y el peso de las claras. En el tratamiento C-2 podría suprimirse la clara propuesta a los 22 años y redistribuir las restantes. Los tratamientos C-0 y C-1 parecen indicados para masas de producción mixta, preponderando quizás la producción de madera en el caso del tratamiento C-0. El tratamiento C-2 está dirigido a la producción de piña.

CASTELLANI (1989), basándose en el modelo de CANTIANI Y SCOTTI (1988), propone dos modelos similares a los tratamientos A-1 y B-1. Mediante el análisis comparado de las producciones de ambos modelos, el autor concluye que la producción de piña es mayor en el modelo de masa más aclarada. Este modelo supone la realización de claras a los 20, 30 y 40 años, dejando 243, 163 y 81 árboles por hectárea respectivamente y manteniendo esta densidad hasta el final del turno, que fija en 100 años. El modelo de mayor densidad es similar al tratamiento B-1 de Cantiani y Scotti, pero finaliza con 121 árboles/ha, en lugar de 113.

2.4. Experiencia portuguesa

CARVALHO OLIVEIRA (1988) acepta inicialmente el modelo de BIONDI Y RIGHINI (1910) para masas cuya producción preferente sea la piña y la tabla de producción de BERNETTI (1987) para las masas productoras de madera. El régimen de claras propuesto es el siguiente:

EDAD A LA QUE SE REALIZA LA CLARA (años)	DENSIDAD TRAS LA CLARA (pies/Ha)
20	1200
40	500
60	250
80	200

Comparando gráficamente la evolución del número de pies de los tres modelos, el autor elaboró dos regímenes de claras para el caso concreto de una repoblación de 34 años, en la que después de realizar tres claras quedan 400 árboles por hectárea. En ambos regímenes se proponen claras a los 35, 50 y 60 años. En el caso de que la producción de piña sea la principal, la densidad final tras la última debe situarse alrededor de 125-150 pies/ha, aumentando hasta 200-225 pies/ha en el caso de que se dé preferencia a la producción de madera.

2.5. Resumen de las experiencias

La disparidad de criterios entre diferentes autores sobre la densidad óptima en función de los objetivos marcados es notable.

Una parte importante de los montes de *Pinus pinea* se pueden considerar como montes de utilidad pública, protectores de cuencas o dunas, de gran extensión superficial. Estos montes cumplen una importante función protectora y de creación de riqueza ambiental y de diversidad. Casi todos los autores coinciden en señalar que en estos casos la selvicultura debe dirigirse, preferentemente, hacia un modelo mixto de protección y producción de madera y piña. Sin embargo, en los montes situados en terrenos llanos o que por su pequeña superficie se les atribuya una menor importancia protectora y ecológica, podrá aplicarse una selvicultura orientada hacia la producción de piña. Además debe considerarse que para el propietario particular la producción de piña resulta más interesante por su carácter anual que la producción de madera.

Otra gran coincidencia de todos los autores es la temprana edad de iniciación de las claras, entre los 12 y los 15 años como término medio. El periodo comprendido entre los 15 y 25 años parece ser el más indicado para regular la densidad de la masa y es en este tramo de edad cuando se debe intervenir programando las claras que se deben realizar. No es aconsejable intervenir tardíamente en poblaciones muy densas disminuyendo drásticamente la densidad, lo que puede producir efectos perjudiciales: por un lado, árboles con copa muy poco desarrollada, escaso vigor vegetativo y un débil sistema radical son muy sensibles a derribos por viento. Por otro lado, la respuesta a la clara de los árboles seleccionados después de una brusca reducción de competencia es, en el mejor de los casos, incierta. Parece más indicado realizar claras frecuentes y progresivamente más fuertes, hasta alcanzar la densidad deseada. En definitiva, las claras deben ser precoces y graduales en su intensidad, dependiendo de las condiciones selvícolas de partida y del destino productivo de la masa.

Las masas cuya producción prioritaria sea el fruto han de ser aclaradas tan pronto como sea posible para facilitar un pronto desarrollo de sus copas, lo que obliga a alcanzar densidades bajas a edades tempranas. Si, como parece demostrado, la máxima producción de piña se produce a partir de los 35-40 años, es conveniente que los árboles alcancen esta edad con su copa y sistema radical proporcionalmente desarrollados. De esta manera conseguirán una mayor estabilidad frente a vientos u otros factores, garantizándose la máxima producción de piñas.

La alta heterogeneidad de las masas de *Pinus pinea*, los diferentes objetivos de producción marcados y el carácter local de la mayoría de los estudios han dado lugar a un amplio abanico de propuestas selvícolas. Lógicamente, estas selviculturas son difícilmente comparables y extrapolables a un programa general que haya de ser aplicado a grandes áreas. En estas condiciones resulta difícil importar soluciones, que han podido resultar

satisfactorias en las condiciones de la zona de estudio, pero que podrían no ser válidas aplicadas en nuestros montes. La gran extensión de muchas masas, los escasos medios técnicos y materiales e incluso las indefiniciones legales hacen difícil la correcta aplicación de un programa selvícola que no haya sido pensado y dimensionado de acuerdo a las condiciones del medio en que se va a desarrollar.

No queremos indicar que no se pueda y deba aprovechar la experiencia obtenida en otros países, aun en montes con características diferentes a las predominantes en la zona de aplicación. Sin embargo, sí se debe prestar atención y comparar cuidadosamente las condiciones de partida con las de los montes donde deseemos aplicar los resultados. No hacerlo así, puede llevar a la comisión de graves errores, máxime si los tratamientos se aplican en grandes superficies.



Replantación sobre arenas en la que se ha realizado la primera poda. Densidad 830 pies/Ha. Alcaçer do Sal (Portugal).

3.- Manual de claras para *Pinus pinea*



A finales del siglo XIX se comenzó a fijar con repoblaciones de *Pinus pinea* las dunas costeras del Mediterráneo y las costas de Cádiz, Sevilla y Huelva. Paralelamente se comenzó, en los montes públicos situados en los terrenos arenosos del interior, una intensa labor de repoblación de rasos y pequeñas dunas interiores. Esta intensa labor repobladora se acompañó de ayudas a la regeneración de las zonas de pinar degradadas o excesivamente aclaradas, con el objetivo de mejorar la densidad de las masas y aumentar su producción y eficacia protectora. En términos superficiales, este proceso fue especialmente importante en las provincias de Huelva y Sevilla. Posteriormente, el programa de repoblación se extendió a las sierras del interior, afectando a una gran extensión superficial en la zona norte de las provincias de Huelva y Sevilla. De esta misma iniciativa repobladora se beneficiaron las provincias de Córdoba, Jaén, Ciudad Real y, en menor medida, Badajoz, a todas las cuales pueden ser de aplicación los resultados de este trabajo.



Repoblación por siembra en la que se mantiene una alta densidad pese a su avanzada edad. A este tipo de masas va dirigida la primera parte de este programa de claras. Baldíos de Almonaster (Huelva).

Las repoblaciones llevadas a cabo en las zonas llanas con suelos arenosos del sur (Almonte, Hinojos, Aznalcázar, Puebla del Río, Moguer, Mazagón, Cartaya, Gibraleón, etc.), se han integrado dentro de la ordenación y los tratamientos selvícolas de los pinares naturales o naturalizados preexistentes. Su problemática selvícola es ligeramente distinta de las repoblaciones de la sierra, en las cuales la primera clara, o no se ha realizado o se ha hecho demasiado tarde. En la mayoría de los casos, los criterios de corta en estas masas serranas han sido excesivamente conservadores.

Como ya se dijo en la introducción, las repoblaciones de la Sierra Norte presentan una elevada heterogeneidad debido a las siguientes causas:

- Alta variabilidad microecológica provocada por la microtopografía.
- Diferentes métodos de repoblación.
- Distintas densidades de plantación o de siembra.
- Aumento considerable del marco de plantación utilizado en las repoblaciones de los últimos 10-15 años con relación a las más antiguas.
- Ausencia de aplicación de un programa de claras similar en toda la sierra.

El resultado es un fino mosaico en el que se hace difícil el diseño de un programa de claras de carácter general lo bastante sensible para poder adaptarse a las variadas condiciones y características selvícolas que presentan estas masas.

Estas premisas y el conocimiento real de estas masas, obtenido después de muchos recorridos por la zona, nos han llevado a considerar separadamente dos tipos de masas para las que se van a diseñar dos programas de claras diferentes:

- Repoblaciones por siembra o plantación densa (2.500 pies/Ha), realizadas hasta mediados de los años 70. El programa de claras correspondiente a estas repoblaciones se detalla en el apartado 3.1.
- Plantaciones lineales y con densidades de 825 a 1.600 plantas por hectárea, realizadas en la última época repobladora. Los programas de claras indicados para estos casos se analizan en el apartado 3.2.

3.1. Diseño del programa para densidades iniciales elevadas

3.1.1. Consideraciones previas

Un programa de claras consiste, básicamente, en definir y ordenar en el tiempo y en el espacio una serie de intervenciones selvícolas (claras) que están íntimamente relacionadas entre sí. Las características de la última clara (peso, tipo y rotación) vendrán condicionadas por las características que tuvieron las anteriores claras aplicadas.

Un elevado número de programas de claras gradúan la densidad, expresada a través del número de árboles por hectárea, en función exclusivamente de la edad, sin hacer referencia a la calidad de estación, es decir, sin considerar el tamaño medio de los árboles a las distintas edades. Bajo su aparente lógica y sencillez de comprensión, estos programas de claras reflejan una falta de realidad derivada del desconocimiento ecológico y selvícola de las masas, que induce a pensar que a una misma edad todas son iguales. Otras veces, el desconocimiento es debido a la falta de datos sobre la estructura de las mismas, que sólo pueden ser obtenidos a partir de numerosos inventarios de parcelas experimentales tal y como se ha hecho en este trabajo.

Dada la heterogeneidad de las masas onubenses, no es posible definir un programa de claras en función de la edad, como suele ser frecuente según se ha puesto de manifiesto en la revisión bibliográfica. Es bien conocido que, en la zona de la Sierra, masas de similar diámetro medio pueden tener edades muy diferentes dependiendo de la calidad de estación, del marco de plantación, de los tratamientos selvícolas realizados, etc. Esta realidad obliga a graduar la densidad de la masa en función del tamaño medio de los árboles, con independencia la edad de los mismos.

3.1.2. Índices habituales de estimación de densidad

En las masas forestales productoras de madera la densidad suele medirse a través del área basimétrica. El motivo es simple: la relación que esta variable tiene con el volumen de madera, que constituye el principal aprovechamiento directo de la masa. Este índice varía con la calidad de estación y con la edad de la masa y no informa, directamente, sobre el número de árboles por hectárea ni sobre el tamaño de los mismos. En el caso particular de la selvicultura de *Pinus pinea* el conocimiento de estos parámetros es fundamental.

Otro método habitual para graduar la densidad es el que utiliza las tablas de producción de densidad variable. La densidad se expresa en términos de área basimétrica, número de pies y volumen por hectárea para diferentes edades de la masa. A su vez, todos estos parámetros se expresan en función de la calidad de estación y del programa de claras que se considera más adecuado para lograr los objetivos propuestos: protección, producción de madera, fruto o mixta, etc. En nuestro país no existen, todavía, tablas de producción para *Pinus pinea*. Las tablas de producción italianas no suelen ofrecer una gama de varias densidades, que nos permitiese comparar y seleccionar la más adecuada a nuestro caso. Se refieren casi siempre a zonas puntuales y son difícilmente aplicables a las condiciones del área geográfica en que se ha desarrollado el presente trabajo.

Los índices de espaciamiento más extendidos, que fijan el número de árboles por hectárea en función de la altura dominante o de la altura media, son el de Wilson y el de Hart-Becking. Realmente, la única diferencia entre ellos es que el primero viene expresado en tanto por uno y el segundo en tanto por ciento, siendo más utilizado aquél por los forestales ingleses y americanos y éste por los forestales centroeuropeos. Ambos son muy utilizados en masas productoras de madera. En estos índices la altura dominante o media refleja los efectos de la calidad de estación y la edad de la masa. La expresión matemática del índice de Hart-Becking varía según la distribución de los árboles sobre el terreno de la manera siguiente:

-Plantaciones a marco real:
$$S_{HB} = \frac{10000}{H_0 \cdot \sqrt{N}}$$

-Plantaciones a marco triangular:
$$S_{HB} = \frac{10000}{H_0 \cdot \sqrt{N} \cdot 0,866}$$

-Masas sin ninguna distribución especial, como pueden ser las procedentes de

siembras a voleo o de regeneración natural:
$$S_{HB} = \frac{10000}{H_0 \cdot \sqrt{N} \cdot 0,933}$$

donde H_0 expresa la altura dominante (m) y N el número de pies por hectárea.

La filosofía es mantener constante la densidad, manteniendo constante el espaciamiento relativo entre árboles. Este espaciamiento se expresa como un porcentaje de la altura dominante, de tal forma que al crecer la altura crece el espaciamiento absoluto

entre árboles, pero no el espaciamiento relativo. Los valores de este índice suelen oscilar entre 21-23 para *Pinus sylvestris*, 23-25 para *Pinus nigra* y 24-27 para *Pinus pinaster*. No tenemos noticia de su aplicación en *Pinus pinea*, pero dadas las exigencias en luz de esta especie y la morfología de los árboles es previsible que sus valores oscilen entre 40 y 45. Según nuestra experiencia, estos índices dan buenos resultados en masas productoras de madera con alturas superiores a los 9-10 m. Para alturas inferiores, estos indicadores no se ajustan bien a las densidades reales si no se hacen modificaciones en el valor del índice a medida que se va desarrollando la masa.

Existen otros métodos que expresan la densidad en función del diámetro normal a través de relaciones simples. En estos casos, el espaciamiento medio entre árboles de una determinada especie se fija de forma empírica como el diámetro medio multiplicado por una constante ($Esp = K \cdot D$) o como diámetro medio más una constante ($Esp = K + D$), o bien a través de cualquier otra expresión que relacione el espaciamiento con el diámetro medio de la masa. Estos índices son poco aplicados y casi siempre referidos a zonas puntuales y especies determinadas. En España son muy poco conocidos, y no tenemos noticia de ningún caso de aplicación práctica en masas forestales.

Comparando nuestras necesidades y las características de los índices de espaciamiento o densidad más conocidos, ninguno de ellos se ajusta mejor a nuestras necesidades que el conocido Índice de Densidad de Reineke (IDR). Por este motivo ha sido seleccionado para graduar la densidad de las repoblaciones de *Pinus pinea*. Dicho índice se describe a continuación de forma pormenorizada.

3.1.3. Índice de densidad de REINEKE

REINEKE (1933) parte de la hipótesis de que dos rodales de la misma especie formados por masas regulares (mejor si son coetáneas) que tienen un mismo diámetro medio deben tener también el mismo número de pies por hectárea, aunque no tengan la misma edad ni pertenezcan a la misma calidad de estación.

La relación que expresa la densidad, en número de pies por hectárea (N), en función del diámetro medio (D) viene dada por la siguiente expresión:

$$\text{Log } N = K - a \text{Log } D$$

K y a son dos constantes que se deben determinar en cada caso.

El Índice de Densidad de Reineke (IDR) se define como “el número de árboles por hectárea correspondiente a la máxima densidad biológica que hay en una masa para un diámetro medio de 25 cm”. Es decir, si para un diámetro medio de 25 cm la recta de máxima densidad pasa por la ordenada 500 árboles por hectárea, indica que el IDR para esa especie es igual a 500 (IDR=500).



Aspecto de una repoblación por siembra en la que no se han realizado claras. La alta mortalidad que se aprecia permite afirmar que se trata de una masa con la máxima densidad biológica. Baldíos de Almonaster.

Si no se conoce el índice para la máxima densidad por no haber encontrado parcelas de estas características para todos los diámetros, el IDR puede definirse, igualmente, por el número de árboles correspondiente a un diámetro medio de 25 cm. para cualquier densidad que se considere.

Para calcular el índice, este autor representó gráficamente en papel logarítmico el número de árboles por hectárea en función del diámetro medio de la parcela. Estos datos se tomaron de una serie de parcelas de muestreo inventariadas para realizar una tabla de producción. El autor trazó una recta sobre papel logarítmico que pasase por la mayor densidad observada para cada diámetro. Estas parcelas más densas representaban la máxima

densidad biológica de la especie para ese diámetro medio. A la recta que pasa por esos puntos la denominó recta de máxima densidad biológica de la especie o recta de referencia de la especie.

La recta logarítmica de máxima densidad biológica, no es una recta ajustada por mínimos cuadrados o cualquier otro procedimiento, sino que es la recta que representa la máxima densidad hallada para un diámetro medio dado.

Mediante el trazado de rectas paralelas a la recta de referencia podemos obtener una gama de densidades expresadas en número de pies por hectárea para cualquier diámetro medio.

Como puede deducirse, la idea de Reineke consiste en aceptar que si una masa con la máxima densidad biológica se va autoaclarando según la recta de referencia, una masa sometida a un programa de claras determinado debería irse aclarando según una recta paralela a la recta de referencia, pues ésta sería la proporción de aclarado que más se aproximaría al comportamiento natural de la especie.

El conocimiento de la recta de referencia o de máxima densidad presenta una utilidad clara para el gestor: permite establecer su comparación con la recta correspondiente a la selvicultura que se está aplicando. Esta comparación se cuantifica en términos relativos; por ejemplo, si el IDR para pino piñonero es 1.040 y estamos aplicando un programa de claras tal que a un diámetro medio de 25 cm le corresponden 360 árboles, la densidad real de la masa para ese diámetro medio es el 35% de la densidad biológica máxima.

Lógicamente, el IDR puede utilizarse sin necesidad de conocer la recta de referencia. En este caso no es posible comparar la recta que corresponde a la selvicultura aplicada con la recta de densidad máxima, lo que no supone un grave inconveniente.

Las principales aplicaciones prácticas de este índice, siguiendo a DANIEL *et al.* (1.982) , son las siguientes:

- a. Permite comparar la densidad de dos masas o rodales con distinto diámetro medio y calidad de estación. Dos rodales con diferente diámetro medio mantienen idéntica densidad si los puntos definidos por el número de pies por hectárea y el diámetro medio se sitúan sobre la misma recta logarítmica. Incluso conociendo las rectas de máxima densidad de dos especies diferentes, puede compararse su densidad real actual en términos de porcentaje de la densidad de

cada especie con respecto a su recta de referencia. Es decir, un rodal de una especie dada con 350 pies por hectárea y un IDR igual a 75% será más denso, en términos comparativos, que otro rodal de otra especie con 550 pies por hectárea y un IDR = 60%.

b. Dada una masa adulta cuya densidad, expresada en número de pies por hectárea, sea considerada ideal por el selvicultor para cumplir el objetivo o los objetivos que se persiguen, el IDR permite conocer el número de árboles por hectárea que debe mantenerse en una masa joven de la especie para que llegue a la madurez con esa misma densidad considerada ideal. Es decir, la evolución del número de pies en función del diámetro medio deberá situarse siempre sobre la misma recta logarítmica o recta de igual densidad.

c. El IDR permite al selvicultor establecer intervalos de densidad que cumplan los objetivos propuestos, mediante la determinación de dos rectas de densidad paralelas que marquen el límite superior e inferior del intervalo. Se puede programar un abanico de distintas intensidades de claras definidas a través de rectas paralelas. Este sistema de graduar la densidad evita situaciones de ambigüedad que suelen ser frecuentes en los regímenes de claras graduadas a través del control del área basimétrica. Un rodal que se mantiene con un área basimétrica constante sufre una disminución de la densidad a medida que va alcanzando su edad de turno. Lo contrario sucede si la densidad se gradúa en términos de un porcentaje constante del área basimétrica total de la masa a diferentes edades.

3.1.4. Toma de datos

La toma de datos se realizó en 56 parcelas circulares de 12 m de radio (454 m²) situadas en repoblaciones de distintas edades repartidas a lo largo de toda la zona norte de la provincia de Huelva. Para tener la certeza de que los datos obtenidos eran realmente representativos de la zona estudiada, se realizaron parcelas en repoblaciones con edades comprendidas entre 15 y 50 años, con diámetros medios entre 11 y 42 cm, situadas en todas las orientaciones y terrenos con pendientes comprendidas entre 0 y 50%.



Repoblación de 15 años de edad. Densidad 930 árboles/Ha después de la clara. Esta parcela forma parte de la muestra de 56 parcelas aclaradas que se han inventariado para la realización de este trabajo. Sierra de Rite (Huelva).

• Elección de parcelas

Desafortunadamente, en el área objeto de estudio no existen parcelas experimentales en las que se hubieran venido ensayando distintas densidades en función de la edad y diámetro medio de la masa. En este caso hubiera bastado con elegir aquella densidad que experimentalmente se mostrase como más conveniente.

Se hizo, pues, necesario realizar parcelas en repoblaciones de diferentes edades y repartidas a lo largo de toda la gama de diámetros medios, en las cuales se hubiesen ejecutado claras. Sólo se muestrearon parcelas cuya densidad actual se considerase, *a priori*, adecuada a la edad y tamaño de los árboles. Este sistema de elección que, en principio, puede parecer excesivamente subjetivo ha demostrado su eficiencia en numerosos estudios forestales, aunque se deben cumplir dos restricciones severas:

- a. Necesidad de poseer un exhaustivo conocimiento del área de estudio.

- b. Necesidad de contar con personal técnico con mucha experiencia que tenga capacidad para estimar densidades *de visu*.

Estos requisitos los cumplía, sobradamente, el equipo de campo que seleccionó e inventarió las parcelas utilizadas en este trabajo.

Para estimar la máxima densidad biológica que puede alcanzar *Pinus pinea* se realizaron 27 parcelas en repoblaciones cuya densidad se considera la máxima posible que puede alcanzar la especie para una edad y un diámetro medio dado de los árboles. Esta muestra es fácil de encontrar para repoblaciones con diámetro medio muy bajo. En repoblaciones con diámetro medio superior a 20 cm es difícil encontrar zonas o parcelas en las que se pueda estar seguro de que su densidad es la máxima posible. Generalmente, estas masas han sufrido, al menos, una clara y quizás habría que substituir la expresión “máxima densidad biológica” por la de “máxima densidad encontrada” para ese tamaño de árboles.

• *Inventario de parcelas*

En cada una de las parcelas descritas se tomaron los siguientes datos:

1. Diámetro normal.
2. Número de pies por hectárea.
3. Altura total.
4. Altura de la primera rama viva (coincidente en muchos casos con la altura de poda).
5. Crecimiento en diámetro en los últimos 5 años.
6. Año en que se realizó la última clara.
7. Abundancia de regeneración natural.
8. Abundancia de sotobosque con indicación de las principales especies y su talla media.
9. Pendiente del terreno.
10. Orientación y el tipo de suelo.

3.1.5. Resultados

Con el número de pies por hectárea y el diámetro medio de cada parcela se ha calculado el índice de Reineke, obteniéndose las siguientes ecuaciones:

a. Zonas aclaradas

$$\text{Log } N = 4,41543 - 1,33013 \text{ Log } D$$

b. Zonas con máxima densidad encontrada $\text{Log } N = 5,61339 - 1,85716 \text{ Log } D$

A partir de estas relaciones se han confeccionado el CUADRO 2 y la FIGURA 1. De la observación de ambas se desprende que la recta de referencia y la recta de selvicultura encontrada no son paralelas como teóricamente debía suceder. Los motivos pueden ser dos:

- Es difícil encontrar masas adultas en las que no se haya producido alguna clara o claro en su juventud. Por este motivo es probable que las parcelas adultas sean las más densas de las encontradas, pero no tengan la máxima densidad biológica que podrían soportar.
- Las parcelas adultas, muchas veces, se han aclarado demasiado tarde. Este retraso origina que la amplitud actual de las copas sea menor de la que correspondería a árboles o rodales con el mismo diámetro medio si desde sus primeras edades hubiesen vivido en una menor espesura. Es decir, árboles con el mismo diámetro normal tendrían copas más amplias y las parcelas darían una sensación aparente de tener mayor densidad.

Los dos razonamientos anteriores avalan el hecho puesto de manifiesto en la Figura 1, en la cual se observa que la densidad de las parcelas denominadas de máxima densidad y la de las aclaradas tiende a aproximarse a medida que crece el diámetro medio de las mismas. Esta tendencia se cuantifica en el Cuadro 2, en el cual se comprueba que para un diámetro medio de 10 cm la densidad relativa de las parcelas aclaradas respecto a la de máxima densidad es del 21%, mientras que para las parcelas aclaradas con diámetro medio de 45 cm la densidad relativa se eleva al 47%. En otras palabras, las densidades consideradas como óptimas desde el punto de vista selvícola y su correspondiente densidad máxima biológica están mucho más próximas en las masas adultas que en las masas jóvenes.

Es preciso resaltar que la densidad media expresada en el Cuadro 2 se refiere al número de árboles por hectárea en función del diámetro medio después de la clara. En la práctica, el selvicultor se encuentra con una masa no aclarada en la que debe intervenir, pero de la que no se conoce el diámetro medio que va a quedar después de la clara. Es ésta, precisamente, la variable en función de la cual se ha obtenido el número de pies por hectárea que debe quedar después de la clara.

Para salvar este pequeño inconveniente, se propone una sencilla solución basada en la información bibliográfica y nuestra propia experiencia: seleccionar una parcela que sea representativa de las características medias de la zona que se pretende aclarar y, en ella, medir o estimar el diámetro de los árboles pertenecientes al estrato dominante y codominante, que serán los árboles que quedan en pie después de la clara. En función del diámetro medio de esta muestra se determinará el número de árboles por hectárea que debe dejarse.

La densidad media obtenida con las 56 parcelas inventariadas se considera válida y adaptada a las características medias de pendiente y orientación encontradas en la zona. Como ya se ha dicho anteriormente, en la elección de esta densidad se tuvo en cuenta tanto la producción de piña y madera como la función protectora que desempeñan estas masas. Con los datos de que disponemos, estamos en condiciones de poder afirmar que en ningún caso parece necesario mantener densidades más altas que las propuestas en el Cuadro 2 (N2).

Sin embargo, en las zonas llanas, donde la función protectora de la masa pierde importancia y la producción de piña puede ser más interesante, la densidad consignada en el Cuadro 2 podría reducirse hasta un 15% (N2'). Estas afirmaciones se basan en el estudio pormenorizado de las diez variables medidas en cada parcela, las cuales han sido consideradas aisladamente y en conjunto para extraer la máxima información.

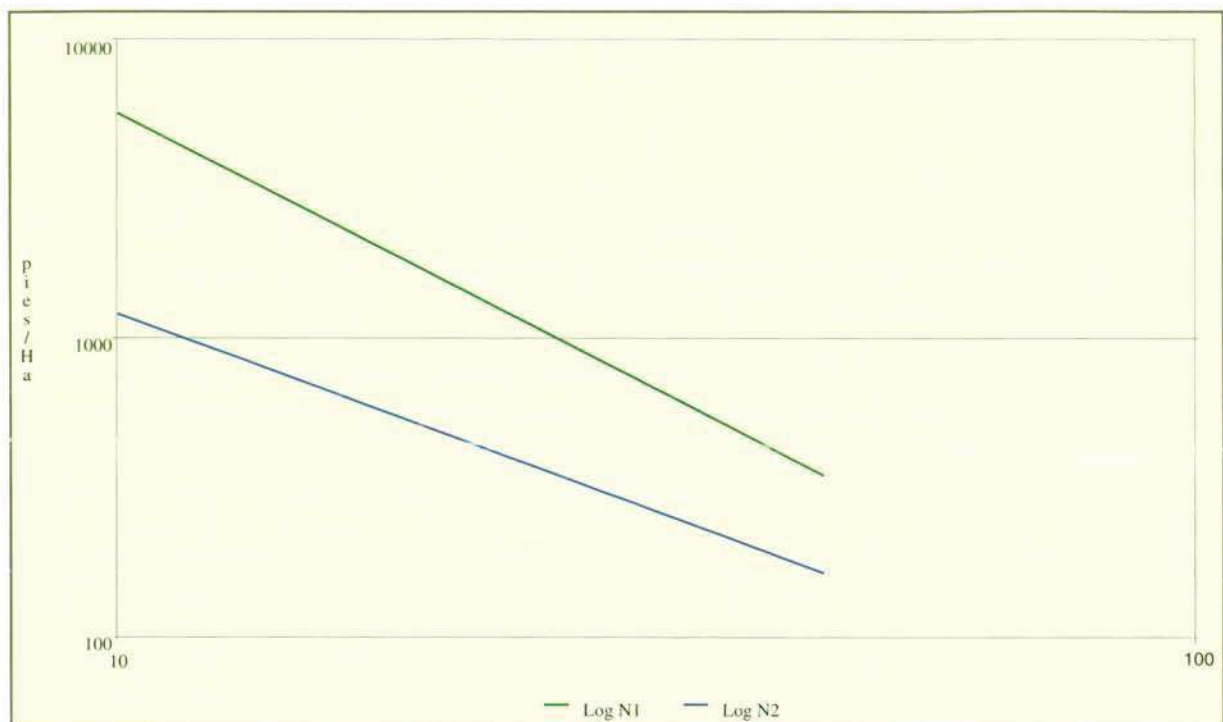
Hasta aquí hemos definido el número de pies por hectárea que debe quedar después de la clara en función del diámetro medio de la masa. Pero para aplicar un programa de claras deben hacerse, al menos, las cuatro consideraciones siguientes:

- Tipo de clara que se debe aplicar en función de la edad de la masa.
- Edad o diámetro que debe tener la masa al aplicar la primera clara.
- Peso de la clara o cantidad de árboles extraídos en cada intervención.
- Rotación o tiempo transcurrido entre dos claras consecutivas.

Todos estos factores son interdependientes y su ajuste debe realizarse en función de los objetivos económicos y de las limitaciones naturales que se presenten en cada caso.

DIAMETRO (cm)	N1 Log N1=5.61-1.86 Log D	AB1 (m ² /Ha)	N2 Log N1=4.42-1.33 Log D	AB2 (m ² /Ha)	N2' N2'=0.85 N2	N2/N1 (%)
10	5705	44.8	1217	9.6	1,034	21%
11	4779	45.4	1072	10.2	911	22%
12	4066	46.0	955	10.8	812	23%
13	3504	46.5	859	11.4	730	24%
14	3054	47.0	778	12.0	661	25%
15	2687	47.5	710	12.5	603	26%
16	2383	47.9	651	13.1	554	27%
17	2129	48.3	601	13.6	511	28%
18	1915	48.7	557	14.2	473	29%
19	1732	49.1	518	14.7	440	30%
20	1575	49.5	484	15.2	411	31%
21	1438	49.8	454	15.7	386	32%
22	1319	50.1	426	16.2	362	32%
23	1215	50.5	402	16.7	342	33%
24	1122	50.8	380	17.2	323	34%
25	1040	51.1	360	17.7	306	35%
26	967	51.4	341	18.1	290	35%
27	902	51.6	325	18.6	276	36%
28	843	51.9	309	19.1	263	37%
29	790	52.2	295	19.5	251	37%
30	742	52.4	282	20.0	240	38%
31	698	52.7	270	20.4	230	39%
32	658	52.9	259	20.8	220	39%
33	621	53.1	249	21.3	211	40%
34	588	53.4	239	21.7	203	41%
35	557	53.6	230	22.1	195	41%
36	529	53.8	221	22.5	188	42%
37	502	54.0	214	23.0	182	43%
38	478	54.2	206	23.4	175	43%
39	456	54.4	199	23.8	169	44%
40	435	54.6	193	24.2	164	44%
41	415	54.8	186	24.6	158	45%
42	397	55.0	180	25.0	153	45%
43	380	55.2	175	25.4	149	46%
44	364	55.4	170	25.8	144	47%
45	349	55.5	165	26.2	140	47%

CUADRO 2. Evolución del número de pies por hectárea y área basimétrica según el modelo de REINEKE (1933). N1: máxima densidad biológica; N2: densidad recomendada.



$$\text{Log } N_2 = 4,41543 - 1,33013 \text{ Log } D$$

$$\text{Log } N_1 = 5,61339 - 1,85716 \text{ Log } D$$

FIGURA 1. RECTAS DE REINEKE

• **Tipo de clara**

En *Pinus pinea* se realizarán claras bajas como corresponde a una especie exigente en luz y, en este caso además, procedente de repoblación (por tanto, la masa es coetánea). En repoblaciones de especies de luz no hay ningún motivo para realizar claras altas por dos motivos fundamentales:

- a. Los árboles dominados tienen poca capacidad de respuesta a la clara.
- b. Si un árbol que fue plantado o sembrado el mismo día que todos los demás es más alto y vigoroso que el resto, sólo puede deberse a su superioridad genética o a que está ocupando un sitio en el suelo que por profundidad, agua u otros factores edáficos permite un mayor crecimiento. En ningún caso estos árboles dominantes deberán ser extraídos, pues o bien estamos cortando los individuos genéticamente superiores o bien estamos eliminando aquellos

árboles que ocupan un lugar privilegiado, con lo cual estaremos evitando que crezcan árboles en los suelos más fértiles.

En el caso concreto de las repoblaciones de *Pinus pinea* de la Sierra de Huelva, las claras bajas tienen la ventaja de su sencillez de realización. Por otra parte, son las más indicadas en casi todas las especies cuando la ejecución de la primera clara se ha retrasado demasiado. Según HAWLEY Y SMITH (1972), la extracción de los árboles dominados estimula el crecimiento de los árboles que quedan en pie. Solamente si la clara es lo suficientemente fuerte, la reducción de sistemas radicales hace que disminuya considerablemente la competencia por el agua y los nutrientes, factores que suelen ser limitantes en el medio mediterráneo. Estos motivos nos llevan a recomendar claras bajas y fuertes para *Pinus pinea* en el área de estudio.

• *Edad de iniciación*

En especies productoras de madera de calidad, la primera clara suele retrasarse para forzar la poda natural. En el caso de *Pinus pinea* esta forma de actuar no tiene ningún interés económico ni fundamento selvícola. Por el contrario todos los autores coinciden en recomendar claras precoces más o menos fuertes, en función del modelo selvícola al que se pretenda conducir la masa.

Las masas dirigidas fundamentalmente a la producción de piña deben ser aclaradas fuertemente y a edades jóvenes para favorecer el desarrollo de la copa desde las primeras edades de masa. Es conocido que en las masas aclaradas tardíamente los pies tardan mucho en desarrollar el volumen de copa suficiente para comportarse como buenos productores de fruto.

La edad a la que debiera iniciarse la primera clara depende de las siguientes variables:

- Marco de plantación.
- Método e intensidad de preparación del terreno.
- Calidad de la estación.
- Cuidados culturales que se hayan realizado en la repoblación durante los primeros años.



Repoblación de 35 años procedente de siembra, tras una clara demasiado tardía. Se han extraído aproximadamente 1.100 pies/Ha y quedan 600-650 árboles/Ha. Dada la alta densidad en que han vivido estas masas las copas de los árboles están deformadas y comprimidas, y su respuesta a la clara será lenta durante los primeros años.

Cuando se trata de repoblaciones por siembra o plantaciones a densidades muy altas, la primera clara o clareo debe hacerse tan pronto como se noten los primeros síntomas de competencia:

- Numerosos árboles comprimidos.
- Comienzo de la mortalidad.
- Debilitamiento y muerte de las ramas laterales que crecen en las partes bajas del árbol.
- Estancamiento o disminución del crecimiento en diámetro.

Estos síntomas, que ponen de manifiesto una excesiva densidad, suelen comenzar a producirse simultáneamente. El diagnóstico de la necesidad del clareo se hace siempre tardíamente, ya que para identificar la causa (densidad excesiva) hay que esperar a que se hagan patentes los efectos.

Si tenemos en cuenta las consideraciones anteriores y la mencionada variabilidad de estas repoblaciones, se comprenderá que es difícil y arriesgado fijar la edad concreta a la que debe realizarse la primera clara en esta especie. Sólo la información recogida en parcelas de experimentación situadas en diferentes condiciones ecológicas podrá permitir una aproximación más precisa y objetiva que las reflexiones anteriores.

• *Peso de la clara*

Las claras bajas deben ser comparativamente fuertes para crear los suficientes huecos que permitan la expansión de las copas y estimule el crecimiento en diámetro. El número de pies que se debe extraer en cada clara depende del diámetro medio de la masa y del número de pies inicial. En general, las claras iniciales serán más fuertes que las realizadas en masas adultas.

En el caso concreto que nos ocupa (masas procedentes de repoblación artificial), los datos del Cuadro 2 permiten conocer el número de árboles que deben quedar después de la clara, de tal forma que el número de pies que se debe extraer será la diferencia entre los existentes antes de la clara y los que deban quedar después de ésta. Este método para determinar el peso de la clara, por diferencia entre lo que hay y lo que debe dejarse, parece el más indicado a falta de datos experimentales referidos a esta especie.

Por otra parte, el concepto de peso de clara va unido al concepto de rotación, de tal forma que si la rotación es larga los pesos de clara podrán ser más fuertes y viceversa.

• *Rotación*

El tiempo transcurrido entre dos claras consecutivas suele fijarse para la mayoría de las especies forestales en función del incremento de la altura dominante, el área basimétrica, índice de copa viva, índice de Hart-Becking, etc.

Los índices basados en la altura no se comportan adecuadamente en *Pinus pinea* debido a la poca dominancia apical de la especie, la escasa altura desarrollada en algunas zonas respecto a la amplitud de las copas y a que, además, no existen datos experimentales que permitan calibrar la evolución de los valores de los índices a las distintas edades o tamaños de los pies que forman la masa.



Repoblación de 50 años en la que sería aconsejable realizar una segunda clara para favorecer el desarrollo de las copas iniciado tras la clara anterior.

El índice de copa viva está basado en que la masa alcance densidades que hagan posible la poda natural, lo cual no es aconsejable y en ocasiones no es posible en *Pinus pinea*. Como en cualquier otra especie, la densidad podría regularse en función del área basimétrica, pero tampoco existen experiencias prácticas que permitan fijar un intervalo de área basimétrica dentro del cual la producción de piña y madera sean las máximas posibles.

Lo ideal desde un punto de vista exclusivamente selvícola, sería hacer claras muy débiles y muy frecuentes, lo cual permitiría que en cada momento de la vida de la masa la densidad fuese la óptima. Hay que tener en cuenta que las claras fuertes y espaciadas suponen que durante el tiempo que tarda la masa en cerrar los huecos que provocó la clara la estación no está totalmente ocupada y la productividad puede disminuir si se sobrepasa una cierta densidad mínima. Este hecho está bien asumido por la ciencia forestal, que lo aprovecha para mejorar la calidad de los productos y aumentar su valor de mercado (objetivo de las claras) o, como en el caso del pino piñonero, para estimular la producción de piña, que redundará positivamente en la producción conjunta de fruto y madera.

Basándonos en los datos obtenidos de las 56 parcelas aclaradas que se exponen en el Cuadro 2, puede hacerse una propuesta aproximada de rotación. Partiendo del punto inicial

de 10 cm de diámetro, parece lógico proponer que hasta alcanzar un diámetro en torno a los 20 cm las claras deberían hacerse cuando el diámetro medio se hubiese incrementado al menos en 5 cm, y a partir de los 20 cm hacer claras cada vez que el diámetro medio aumente 10 cm.

La experiencia avala que, si bien lo anterior parece totalmente asumible, las claras no pueden hacerse a intervalos medios menores de 10 años y ello debido a limitaciones de índole económico (el valor de los productos de las primeras claras no suele compensar su corta, debiéndose asumir las pérdidas como una inversión para el futuro). Es necesario que las claras a edades más avanzadas sean fuertes y, como consecuencia, no podrán ser frecuentes. De esta manera, es posible que el valor de los productos obtenidos compense el de la ejecución de las cortas, e incluso pueden reportar algún beneficio a sus propietarios, bien sean públicos o privados.

La decisión final sobre la rotación entre claras habrá de tomarla el selvicultor, teniendo en cuenta las consideraciones anteriores y basándose en un buen conocimiento de la zona, del mercado de los productos, del riesgo de incendios y otras variables de interés general o local que considere importantes, y que por su diversidad no es posible enumerar, cuantificar, y menos aún priorizar en este trabajo.

No queremos terminar este apartado sin resaltar que los resultados expuestos en el Cuadro 2 permiten por sí solos aproximar la rotación entre claras, ya que están basados en datos reales, por lo cual si no existen otras limitaciones, del tipo de las comentadas anteriormente, el selvicultor podrá utilizarlos para estimar la rotación, haciendo que en todo momento la masa se ajuste lo más posible a esta situación. Cuando el número de árboles en función del diámetro se separe excesivamente del indicado en el Cuadro 2, el selvicultor deberá realizar la siguiente clara.

3.2. Diseño de programas para repoblaciones lineales con densidades iniciales bajas

Casi todas las repoblaciones hechas a partir de 1970 y, especialmente, a partir de 1980, han sido realizadas por plantación sobre terrazas, fajas, terrazas volcadas, haciendo uso de maquinaria pesada. Estas repoblaciones, cuyos árboles se ordenan en líneas paralelas siguiendo las curvas de nivel, necesitan un tratamiento especial a la hora de diseñar las primeras claras.



Plantación en terrazas. Densidad 1.650 árboles/Ha (3 m entre líneas y 2 m entre plantas). A este tipo de repoblaciones se refiere la segunda parte de este programa de claras. El Mustio (Huelva).

Como sucede en cualquier programa de claras es imprescindible definir el tipo de clara, la edad de iniciación, el peso de la clara y la rotación o número de años que deben transcurrir entre dos claras consecutivas. La falta de datos experimentales no permite cuantificar con precisión estos conceptos, lo que obliga a un acotamiento de los mismos mediante aproximaciones, basadas en el conocimiento general que se tiene de estas repoblaciones y en la teoría general de claras.

Las características principales de las claras que se proponen son las siguientes:

Tipo de clara. Estas claras han de ser forzosamente sistemáticas, en el sentido de que los árboles se cortan o se dejan, casi exclusivamente, en función de la posición que ocupan dentro de la fila y no son seleccionados por sus características individuales como sucede en otros tipos de claras.

Edad de iniciación. La primera clara debe realizarse entre los 15-20 años, según el marco de plantación y la calidad de estación que determinan el tamaño de los árboles.

Peso de la clara. No deberá ser menor del 25%, expresado en número de pies por hectárea.

Las combinaciones que pueden hacerse con todos los marcos de plantación posibles son, en teoría, muy numerosos, pero en la práctica se reducen casi exclusivamente a seis modelos. Para facilitar su identificación denominaremos a cada uno de los modelos con las letras A, B, C, D, E y F. Los marcos iniciales de plantación de los modelos son los siguientes:

MODELO	DISTANCIA ENTRE FILAS	DISTANCIA ENTRE COLUMNAS	DENSIDAD EQUIVALENTE (pies/Ha)	Nº DE CLARAS PROPUESTAS
A	3	2	1666	3
B	4	2	1250	3
C	3	3	1111	3
D	4	3	833	3
E	4	4	625	2
F	6	3	555	2

El número de claras que se propone realizar y el peso de cada una de ellas se describe, a continuación, de forma gráfica para cada modelo (figuras 2, 3, 4, 5, 6 y 7).

Debido a las marras que se producen en una repoblación en el año de plantación y a lo largo de toda su vida, y a las irregularidades del terreno que no suelen permitir que el diseño de plantación sea totalmente geométrico, es frecuente que el número de árboles por hectárea existentes en una repoblación sea en torno a un 10-15% menor del que teóricamente debería haber, de acuerdo del marco de plantación. Este hecho hará que, en ocasiones, no sea necesario realizar la tercera clara. En los casos en que la tercera clara se considere necesaria desde el punto de vista selvícola y económico, es probable que a esa edad ya se haya perdido casi por completo la geometría de plantación inicial, lo que permitirá al selvicultor disponer de mayor libertad para elegir los pies que debe extraer, sin tener que ceñirse a las rígidas reglas de las claras mecánicas.

MODELO A

Densidad inicial: 1.666 pies/ha.

Distancia entre filas 3 metros.

Distancia entre columnas 2 metros.

Primera clara: se extrae el 50% de los árboles y quedan 833 pies/ha.

Segunda clara: se extrae el 50% de los pies, quedando 417 pies/ha.

Tercera clara: se extrae, nuevamente, el 50% de los árboles, resultado una densidad final de 208 árboles/ha.

2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
1	3	1	0	1	3	1	0	1	3	1	0
2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
1	0	1	3	1	0	1	3	1	0	1	3
2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
1	3	1	0	1	3	1	0	1	3	1	0
2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
1	0	1	3	1	0	1	3	1	0	1	3

1: primera clara. 2: segunda clara 3: tercera clara 0: masa final



Plantación en terrazas. Densidad media 1.650 árboles/Ha (3 m entre líneas y 2 m entre plantas). Esta plantación corresponde al Modelo A de este programa de claras.

MODELO B

Densidad inicial: 1.250 pies/ha.

Distancia entre filas 4 metros.

Distancia entre columnas 2 metros.

Primera clara: se extrae el 50% de los árboles y quedan 625 pies/ha.

Segunda clara: se extrae el 50% de los pies, quedando 313 pies/ha.

Tercera clara: por último, se extrae el 25% de los árboles (78 pies/ha), resultando una densidad final de 235 árboles/ha.

1	2	1	0	1	2	1	0	1	2	1	0	2	1	0
1	2	1	3	1	2	1	0	1	2	1	3	2	1	0
1	2	1	0	1	2	1	0	1	2	1	0	2	1	0
1	2	1	3	1	2	1	0	1	2	1	3	2	1	0
1	2	1	0	1	2	1	0	1	2	1	0	2	1	0
1	2	1	3	1	2	1	0	1	2	1	3	2	1	0
1	2	1	0	1	2	1	0	1	2	1	0	2	1	0
1	2	1	3	1	2	1	0	1	2	1	3	2	1	0

1: primera clara. 2: segunda clara 3: tercera clara 0: masa final



Plantación en terrazas volcada. Densidad media 1.250 pies/Ha (4 m entre líneas y 2 m entre plantas). Modelo B de este programa de claras.

MODELO C

Densidad inicial: 1.111 pies/ha.

Distancia entre filas 3 metros.

Distancia entre columnas 3 metros.

Primera clara: se extrae el 50% de los árboles y quedan 555 pies/ha.

Segunda clara: se extrae el 50% de los pies, quedando 277 pies/ha.

Tercera clara: se extrae el 25% de los árboles (69 pies/ha), resultando una densidad final de 209 árboles/ha.

1	0	1	2	1	3	1	2	1	0	1	2
1	2	1	0	1	2	1	0	1	2	1	0
1	3	1	2	1	0	1	2	1	3	1	2
1	2	1	0	1	2	1	0	1	2	1	0
1	0	1	2	1	3	1	2	1	0	1	2
1	2	1	0	1	2	1	0	1	2	1	0
1	3	1	2	1	0	1	2	1	3	1	2
1	2	1	0	1	2	1	0	1	2	1	0
1	0	1	2	1	3	1	2	1	0	1	2
1	2	1	0	1	2	1	0	1	2	1	0
1	3	1	2	1	0	1	2	1	3	1	2
1	2	1	0	1	2	1	0	1	2	1	0

1: primera clara. 2: segunda clara 3: tercera clara 0: masa final

MODELO D

Densidad inicial: 833 pies/ha.

Distancia entre filas 4 metros.

Distancia entre columnas 3 metros.

Primera clara: se extrae el 50% de los árboles y quedan 417 pies/ha.

Segunda clara: se extrae el 25% de los pies (104 pies/ha), quedando 313 pies/ha.

Tercera clara: finalmente, se extrae el 22% de los árboles (69 pies/ha), resultando una densidad de 244 árboles/ha.

2	1	0	1	2	1	0	1	2	1	0	1
0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
2	1	3	1	2	1	3	1	2	1	3	1
0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
2	1	0	1	2	1	0	1	2	1	0	1
0	1	3	1	0	1	3	1	0	1	3	1
2	1	0	1	2	1	0	1	2	1	0	1
0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
2	1	3	1	2	1	3	1	2	1	3	1
0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
2	1	0	1	2	1	0	1	2	1	0	1
0	1	3	1	0	1	3	1	0	1	3	1

1: primera clara. 2: segunda clara 3: tercera clara 0: masa final

MODELO E

Densidad inicial: 625 pies/ha.

Distancia entre filas 4 metros.

Distancia entre columnas 4 metros.

Primera clara: se extrae el 50% de los árboles y quedan 313 pies/ha.

Segunda clara: se extrae el 50% de los pies, quedando 156 pies/ha. Esta segunda clara se puede repartir en dos claras que supriman el 25% de los árboles. La última de ellas puede no realizarse si lo desaconsejan razones económicas y/o selvícolas.

1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1

1: primera clara. 2: segunda clara 0: masa final

MODELO F

Densidad inicial: 555 pies/ha.

Distancia entre filas 6 metros.

Distancia entre columnas 3 metros.

Primera clara: se extrae el 50% de los árboles y quedan 278 pies/ha.

Segunda clara: se extrae el 33% de los pies, quedando 185 pies/ha.

0	1	1	0	1	2	0	1	1	0	1	2	0	1	1	0
1	0	1	2	0	1	1	0	1	2	0	1	1	0	1	2
1	2	0	1	1	0	1	2	0	1	1	0	1	2	0	1
0	1	1	0	1	2	0	1	1	0	1	2	0	1	1	0
1	0	1	2	0	1	1	0	1	2	0	1	1	0	1	2
1	2	0	1	1	0	1	2	0	1	1	0	1	2	0	1
0	1	1	0	1	2	0	1	1	0	1	2	0	1	1	0
1	0	1	2	0	1	1	0	1	2	0	1	1	0	1	2

1: primera clara. 2: segunda clara 0: masa final



Plantación realizada tras preparación del suelo con el tractor T.A.E. Densidad media 555 árboles /Ha. Modelo F de este programa. Dehesa de El Carmen (Huelva).

4.- Bibliografía

BERNETTI G. (1987). *I boschi della Toscana*. Quaderni de monti e bosqui, n°4. Giunta Regionale Toscana. Edagricole.

BIONDI L., RIGHINI E. (1910). *Il pino da pinoli*. Hoepli.Milano.

CANTIANI M.G., SCOTTI R. (1988). Le fustaie coetanee di pino domestico del litorale tirrenico: studi sulla dinamica di accrescimento in funzione di alcune ipotesi selvicolturali alternative. *Annali Istituto Sperimentale Assesamento Forestale e Alpicoltura*, 11:1-54. Trento.

CARVALHO OLIVEIRA A. (1985). *Teoria da produção florestal*. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa. 550 pp.

CARVALHO OLIVEIRA A. (1988). Estrutura de povoamentos puros de pinheiro manso: primeiros resultados. *Encontro sobre o pinheiro manso. Alcácer do Sal: 25 e 26-XI-1988*. Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais. 14 pp.

CASTELLANI C. (1989). La produzione legnosa e del frutto e de la durata del turno economico delle pinete coetanee di pino domestico (*Pinus pinea* L.) in un complesso assestato a prevalente funzione produttiva in Italia. *Annali ISAFA*, Vol. XII: 161-221.

DANIEL P.W., HELMS U.E., BAKER F.S. (1982). *Principios de selvicultura*. MacGraw-Hill. Mexico. 491 pp.

DITELLA G. (1926). Tavola cormometrica del pino dimestico della Foresta Demaniale di Cecina. *Italia Forestale e Montana*. 1(4): 156-157.

ECHEVERRÍA I. (1943). *Tratamiento del Pinus insignis. Espesuras. Podas. Claras*. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. Madrid. 153 pp.

ECHEVERRÍA I, DE PEDRO S. (1944). *Pinus insignis D. Crecimiento y producción en el Norte de España y aplicación a la elaboración de pasta de celulosa*. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. Madrid. 54 pp.

GÓMEZ J.A., MONTERO G. (1989). *Efectos de las claras sobre masas naturales de Pinus sylvestris L. en la vertiente Sur del Macizo de Urbión*. Comunicaciones INIA n°48. Serie Recursos Naturales. Madrid.

HAWLEY R.G., SMITH D.M. (1972). *Silvicultura práctica*. Omega. Barcelona. 554 pp.

LA MARCA O. (1989). La pineta della Feniglia. *Ricerche Sperimentale di Dendrometria e Auxonometria*, 8: 81-108.

MADRIGAL A., GÓMEZ J.A., MONTERO G. (1985). *Estado actual de las investigaciones sobre claras. Primeros resultados obtenidos en una experiencia en masa artificial de Pinus sylvestris L. en el Sistema Central*. Comunicaciones INIA nº42. Serie recursos naturales. Madrid. 49 pp.

MAYER H. (1977). *Waldbau auf Soziologisch-ökologischer Grundlage*. Gustav Fischer. Verlag. 483 pp.

MERENDI A. (1921). Impianto e coltura del pino da pinoli. *L'Alpe*, 8(1/2): 1-7; 8(3): 39-46.

MERENDI A. (1931). Il pino domestico (*Pinus pinea* L.) . *L'Alpe*, 6(18): 295-310.

MONTEIRO ALVES A.A. (1982). *Técnicas de produção florestal*. INIC, Lisboa. 331 pp.

MONTOYA OLIVER J.M. (1989). *El pino piñonero*. Mundi-Prensa. Madrid.

PAVARI A. (1955). Sul trattamento delle fustaie di pino domestico (*Pinus pinea* L.). *Actas del Congreso Nacional de Selvicultura*. Firenze, 14-18 marzo 1954. Volume I: Relazioni pp. 69-97. Coppini & C. Firenze.

PITA P.A., MORENO M. (1970). Introducción al estudio de las claras en su incidencia sobre la producción. *Comunicación 72 del Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias*. 36 pp.

REINEKE L.H. (1933). Perfecting a stand density index for even-aged forests. *Journal of Agricultural Research*, 46: 627-638.

ROMERO Y GILSANZ F. (1886). *El pino piñonero en la provincia de Valladolid*. Imprenta y Librería Nacional y Extranjera de los Hijos de Rodríguez. Valladolid. 313 pp.

SÁNCHEZ-CÓZAR Y ORTEGA S. (1963). Ordenación y selvicultura intensiva en los montes de *Pinus pinea*. Su financiación.

XIMENEZ DE EMBÚN J. (1959). *El pino piñonero en las llanuras castellanas*. Hojas divulgadoras del Ministerio de Agricultura. Dirección General de Coordinación, Crédito y Capacitación Agraria. Sección de Capacitación. Madrid. 20 pp.