

CAPÍTULO.-

SELVICULTURA DE *PINUS PINEA*

Gregorio Montero, Rafael Calama, Ricardo Ruiz-Peinado

*Instituto Nacional de Investigaciones y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA).
Carretera de La Coruña Km7. E-28040 MADRID. rcalama@inia.es*

0. INTRODUCCIÓN**I. TIPOLOGÍA DE LOS PINARES DE PINO PIÑONERO**

- I.1. PINARES DE LA MESETA CASTELLANA NORTE
- I.2. PINARES DE LA MESETA CASTELLANA SUR
- I.3. PINARES CATALANES
- I.4. PINARES DE LOS ARENALES ANDALUCES
- I.5. PINARES DEL VALLE DEL RÍO ALBERCHE Y CABECERA DEL RÍO TIÉTAR
- I.6. PINARES DE SIERRA MORENA

II. REGENERACIÓN Y TRATAMIENTOS DE REGENERACIÓN

- II.1. PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN A LA REGENERACIÓN
 - II.1.1. Factores propios de la especie
 - II.1.2. Factores propios de la estación
 - II.1.3. Otros factores
- II.2. TRATAMIENTOS GENERALES
 - II.2.1. Masas regulares
 - II.2.2. Masas irregulares
 - II.2.3. Masas coetáneas procedentes de repoblación

III. TRATAMIENTOS CULTURALES

- III.1. LIMPIAS
- III.2. CLAREOS
- III.3. ACTUACIONES SOBRE LA REGENERACIÓN ANTICIPADA
- III.4. CLARAS
 - III.4.1. Programación de claras
 - III.4.2. Tipos de claras
 - III.4.3. Edad de iniciación de la clara
 - III.4.4. Peso de la clara
 - III.4.5. Número final de pies
 - III.4.6. Rotación
 - III.4.7. Número de claras
 - III.4.8. Claras en masas naturales y repoblaciones densas
- III.5. PODAS
 - III.5.1. Poda de fuste
 - III.5.2. Poda de olivación
 - III.5.3. Efecto de la posa en el crecimiento en altura y diámetro
 - III.5.4. Efecto de la poda en la producción de piña
- III.6. FERTILIZACIÓN Y RIEGOS
- III.7. RECOLECCIÓN DE PIÑA

IV. CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN

- IV.1. CALIDAD DE ESTACIÓN
- IV.2. CRECIMIENTO
- IV.3. TURNO
- IV.4. PRODUCCIÓN
 - IV.4.1. Producción de madera
 - IV.4.2. Producción de piña
- IV.5. MODELOS DE CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN
 - IV.5.1. Modelos de producción de madera

V. BIBLIOGRAFÍA

0. INTRODUCCIÓN

El pino piñonero (*Pinus pinea* L.) es una especie típicamente mediterránea. En España el área ocupada por el pino piñonero supera las 400.000 ha, lo que equivale a más del 50% de la superficie total ocupada por la especie en el mundo.

Las masas de pino piñonero tienen un alto valor ecológico, paisajístico, recreativo y de conservación de la diversidad florística y faunística. La capacidad de la especie para ocupar terrenos con elevados porcentajes de arenas, tanto en arenales interiores como costeros, confiere a las masas de pino piñonero un alto valor como elementos protectores del suelo frente a la erosión eólica.

Las masas de pino piñonero han sido empleadas desde antiguo por el hombre con fines productivos. Entre los productos obtenidos cabe citar la resina y las cortezas para tenerías, actividades hoy en desuso para esta especie, las leñas, la madera y el piñón, sin olvidar el interés pastoral de los pinares.

I. TIPOLOGÍA

Dada la amplia variedad de productos que ofrecen estos pinares, el hombre ha introducido esta especie en numerosas zonas, lo que hace difícil construir una tipología de los pinares de pino piñonero basada en las características ecológicas de su área de distribución natural, ya que ésta en ocasiones no se conoce con precisión.

Blanco *et al.* (1997), presentan una tipificación que clasifica estos pinares en tres tipos que denominan: *Pinares arenosos costeros*, *pinares de arenales continentales* y *pinares sobre batolitos graníticos*. Sin embargo, desde la silvicultura, la tipología de las masas tiene más interés si como consecuencia de la misma se pueden identificar zonas en las que deban aplicarse diferentes tratamientos silvícolas o variaciones significativas de los mismos.

La tipología que a continuación se presenta se basa en la distribución geográfica de las masas, estando muy relacionada con las regiones de procedencia descritas para la especie en España (Prada *et al.*, 1997). Las características silvícolas, el régimen de propiedad y la gestión histórica de las masas se consideran, asimismo, factores caracterizadores de la tipología. La clasificación fitoclimática utilizada ha sido la de Allué (1990).

I.1. PINARES DE LA MESETA CASTELLANA NORTE

Estos pinares se encuentran distribuidos por la zona sur de la provincia de Valladolid, noroeste de Segovia, norte de Ávila y sureste de Zamora, ocupando los pinares de mayor extensión la margen izquierda del Duero. En esta región, las masas de pino piñonero se localizan en altitudes comprendidas entre 650 y 900 m de altitud. Elementos caracterizadores de la orografía del terreno son las campiñas, llanuras con formas suaves modeladas por la erosión sobre terrenos blandos, y los páramos calizos, separados de las campiñas por las cuevas margosas y arcillosas.

Estas masas se asientan, en su mayoría (más del 50% de la superficie), sobre suelos de sustrato arenoso, arenosoles cámbicos y álbicos, (Gordo *et al.*, 2002) formados por

materiales no consolidados de textura gruesa. Otra parte importante de estas masas ocupan los característicos páramos calizos y las margas y arcillas de las cuevas y calveros. Finalmente, también se localizan pinares de piñonero sobre suelos aluviales y depósitos cuaternarios de diferente composición.

Los tipos fitoclimáticos dominantes en este territorio son el nemoromediterráneo genuino subtipo VI(IV)₁ y el mediterráneo subnemoral IV(VI)₁. La precipitación media anual oscila entre 350 y 600 mm, con un marcado gradiente de aridez hacia el Oeste de la región, mientras que la temperatura media anual oscila entre 10,5 y 13,5 °C.

Las masas situadas sobre sustratos arenosos suelen estar mezcladas, en diferentes proporciones, con *Pinus pinaster*. En las masas de los páramos calizos es frecuente encontrar, además, un cortejo de acompañamiento más rico, formado por encina, quejigo y sabina. Dada la pobreza del sustrato, el estrato arbustivo es muy pobre, siendo frecuente el cantueso, las retamas, la estepa y los tomillos.

Estas masas tienen una gran importancia protectora, al ser fijadoras de las dunas continentales formadas por un manto de arenas cuaternarias de origen fluvial arrastradas por el viento, que cubren amplias superficies en la meseta norte (Gordo *et al.*, 2002). La selvicultura de estas masas ha manifestado tradicionalmente un compromiso entre la protección y la producción de madera y piña. La titularidad y la gestión de gran parte de estas masas recae sobre la Administración, estando catalogadas en su mayoría como montes de utilidad pública. Esto ha propiciado que sea en estos pinares donde se ha aplicado y desarrollado, desde antiguo, una selvicultura para la especie, orientada a la producción mixta de madera y piña.

En general son pinares aclarados, orientados desde edades tempranas hacia densidades de masa bajas, que favorezcan la producción individual de piña, pero sin olvidar en ningún momento el importante papel que juegan en la sujeción de los suelos arenosos.

I.2. PINARES DE LA MESETA CASTELLANA SUR

Estos pinares se extienden entre el sur de la provincia de Cuenca y el norte de la provincia de Albacete, ocupando las comarcas de La Mancha, la Manchuela Conquense y la Manchuela Albaceteña. Las masas de este territorio se sitúan entre 700 y 900 m de altitud. Los pinares aparecen fragmentados en pequeños bosquetes (Briongos *et al.*, 2000), dispersos entre cultivos agrícolas, a lo largo de la gran llanura de sedimentación caliza del Mioceno que caracteriza la orografía de la región. Los suelos de la zona son más evolucionados que los de otras regiones, con textura de media a fina y régimen de humedad xérico, siendo los más abundantes los cambisoles cálcicos y gleicos.

El clima de la región es marcadamente continental. El subtipo fitoclimático dominante es el Mediterráneo subnemoral IV(VI)₁, con presencia importante del Mediterráneo genuino IV₃. La precipitación media anual oscila entre 350 y 650 mm, aumentando la aridez hacia el sur. La temperatura media anual oscila entre 12,2 y 14,8°C

El pino piñonero se mezcla en esta zona con matas de encina y coscoja en los sitios secos y con el quejigo en los enclaves más húmedos. También se mezcla con *Pinus halepensis*, situándose éste en los suelos más pobres. Dentro de este paisaje de mezclas

por pequeñas teselas se encuentran manchas de considerable superficie pobladas por masas puras de *P. pinea* (San Clemente, Las Pedroñeras).

La mayor parte de estas masas son de propiedad privada, motivo por el cuál no existe una tradición selvícola en la gestión de estos montes, excepto en los escasos montes públicos. El uso tradicional de estos montes ha sido la obtención de maderas y leñas, considerándose el fruto un aprovechamiento secundario. A esto se añade el hecho de que el pinar disputó siempre el terreno con el viñedo, cultivo éste de mayor rentabilidad. Algunos autores defienden que la expansión del pinar tuvo su origen en la sustitución de la vid en la época de grandes ataques de filoxera, mientras que otros mantienen que la mayor rentabilidad de los viñedos expulsó de esas tierras al pino y la encina (Briongos *et al.*, 2000).

En la actualidad, el pinar va recuperando espacio debido a su buena capacidad de regeneración natural (hay muchos pinares jóvenes en forma de masa regular), a la baja presión de pastoreo y al cese de las podas. Cuando estos rodales puros envejecen suele instalarse debajo un subpiso de brote de encina, situación que es cada vez más frecuente, dado el escaso aprovechamiento actual de la encina para leñas. Un tratamiento aplicado tradicionalmente en esta zona, por fortuna hoy abandonado, eran las podas que dejaban solamente un penacho de ramas en la punta o cima de la copa (García Díaz, 1953). Estas podas perjudicaban el crecimiento de los árboles y favorecía la entrada de los *Quercus* acompañantes.

I.3. PINARES CATALANES

Las masas de pino piñonero en Cataluña aparecen localizadas, principalmente, en las provincias de Barcelona y Girona. En Barcelona las masas se sitúan en las comarcas del Maresme y del Vallés Oriental y, hacia el interior, en la comarca de Osona. En la provincia de Girona los pinares se encuentran repartidos en diferentes comarcas, ocupando la depresión prelitoral en el Plá de la Selva, el Baix Empordá, el macizo transversal de Les Gavarres, y pequeñas áreas en el Alt Empordá y la comarca del Gironés. La mayor parte de las masas se encuentran localizadas entre 0 y 600 m de altitud, alcanzando mayores altitudes en representaciones esporádicas en el interior (Bagés y Berguedá).

En las zonas de cordillera litoral los pinares se sitúan casi siempre sobre granitos y granodioritas. En los sistemas prelitorales aparecen también pizarras y cuarcitas, mientras que en las áreas de depresión dominan los materiales sedimentarios recientes.

Los suelos de la cordillera litoral suelen tener textura arenosa, predominando los cambisoles húmicos en las zonas de sustrato granítico, y los cambisoles distrícos en los territorios de cuarcitas y pizarras. Sobre los sustratos sedimentarios de las depresiones y valles fluviales se han desarrollado fluvisoles eútricos, de clara vocación agrícola. Hacia el interior, sobre sustratos de conglomerados, calizas y areniscas aparecen suelos con mayor contenido en arcillas, del tipo cambisol cálcico y luvisoles crómicos.

En la costa el clima es típicamente mediterráneo subnemoral IV(VI)₂, evolucionando hacia el interior a fitoclimas del tipo nemoromediterráneo submediterráneo VI(IV)₄. Finalmente, en la comarca de Osona se localiza el fitoclima tipo Nemoral subestepario VI(VII), con inviernos más fríos. La precipitación media

anual oscila entre 600 y 850 mm, con periodo de aridez estival escaso, menor cuanto más hacia el interior, y máximos de precipitación primaveral y otoñal. Las temperaturas son suaves en el litoral, sin heladas, aumentando la continentalidad y las heladas hacia el interior. La temperatura media oscila entre 11,7 y 16,7 °C.

Las masas catalanas de pino piñonero aparecen normalmente muy mezcladas con encina, alcornoque, quejigo y las grandes especies del matorral mediterráneo, como brezos y madroños (Blanco *et al.*, 1997). En el Empordá y en el Vallés entra en contacto con *Pinus halepensis* y *Pinus pinaster*, mientras que hacia el interior puede aparecer asociado, incluso, a *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra*.

En general, las masas catalanas son de propiedad privada. Este factor, unido a la escasa superficie de las propiedades, ha orientado la gestión tradicional hacia la obtención de madera, aplicándose pocos tratamientos selvícolas y de limpieza de la masa, y considerándose como secundaria la producción de piña, objetivo que requiere mayores cuidados de los montes (Tussell, 1997). La ausencia de gestión en estos montes se ha traducido en muchas ocasiones, en el desarrollo de un sotobosque formado por especies del género *Quercus* y de matorral. Este sotobosque dificulta la regeneración de pinar y las tareas de recogida de piña, pudiendo favorecer la propagación de incendios forestales.

I.4. PINARES DE LOS ARENALES COSTEROS ANDALUCES

Esta región abarca los pinares situados mayoritariamente en la llanura costera onubense y en la costa gaditana, apareciendo pequeñas representaciones en el resto de la costa mediterránea andaluza. Crecen entre el nivel del mar y los 200 m de altitud. Las masas se desarrollan sobre sedimentos terciarios marinos, y terrenos cuaternarios, tales como depósitos aluviales, terrazas arenosas, dunas y playas fósiles.

En general son suelos silíceos con alta permeabilidad, y textura franca arenosa o muy arenosa, y caliza ausente. Los suelos dominantes son del tipo arenosol lúvico. En la parte interior de la campiña se encuentran algunas manchas sobre suelo del tipo cambisol calcáreo, del cual existen también algunos rodales discontinuos en las repoblaciones del interior de la provincia de Cádiz (Borrero *et al.*, 2003).

Se trata de los pinares más termófilos de la especie, con inviernos suaves, sin heladas y un largo periodo de aridez estival. El fitoclima característico de la región es el mediterráneo genuino IV₂. Las precipitaciones oscilan entre 450 y 750 mm anuales concentrándose en invierno y principio de la primavera. La temperatura media anual se sitúa entre 16 y 18,5 °C.

En este grupo pueden diferenciarse dos tipos de pinares: los situados próximos a la costa y los que crecen en el interior de la llanura onubense.

Los pinares más próximos al mar están formados por árboles de poca altura, que raramente sobrepasan los 8-10 m en los rodales más fértiles, constituyendo lo que se conoce como “pinares enanos”. Las copas son amplias, en comparación con el tamaño del fuste, y con frecuencia adoptan forma corimbosa (las ramas parten de diferentes niveles del fuste y llegan a la misma altura). La densidad foliar es baja, las acículas son pequeñas y adoptan un color verde claro, no permaneciendo en el árbol más de dos años. En estas masas costeras, el pino aparece mezclado con la sabina mora (*Juniperus phoenicea ssp. turbinata*), el lentisco y el enebro (*Juniperus oxycedrus ssp. macrocarpa*).

Estas masas de la línea costera tienen un gran interés como protectoras y fijadoras de los suelos arenosos (duna de Mazagón), unido al valor paisajístico en el entorno (Doñana). En su mayoría son masas catalogadas como montes de utilidad pública. La selvicultura de estos pinares ha estado tradicionalmente relacionada al interés protector de la masa como fijadora de terreno, y considerando un aprovechamiento secundario de piña.

Los pinares de llanura interior vegetan sobre arenas más enriquecidas, con mayor porcentaje de materia orgánica y menor influencia de los vientos marinos. Los árboles son más altos, alcanzando los 20-22 m de altura en los rodales más fértiles, aunque lo más corriente es que la altura oscile entre los 10 y los 18 m. Con frecuencia se mezcla con *Quercus suber*, sobre todo en las zonas con mayor disponibilidad hídrica

En los pinares de la llanura se ha venido aplicando tradicionalmente una selvicultura orientada a la protección y a la producción de madera. Son masas mantenidas en densidades elevadas, si se compara con la densidad de los pinares fruteros (Montero *et al.*, 2000a). El mantenimiento de estas altas densidades, junto a la aplicación de podas de fuste a lo largo de la vida del árbol, se traduce en unos árboles con fuste recto y limpio, y una producción maderera importante, alcanzándose en las zonas más fértiles una posibilidad superior a 2 m³/ha·año. La producción de piña en estos pinares suele ser muy baja, considerándose tradicionalmente como un aprovechamiento secundario.

I.5. PINARES DEL VALLE DEL RÍO ALBERCHE Y CABECERA DEL RÍO TIÉTAR

Estos pinares están situados entre el sureste de la provincia de Ávila, suroeste de la provincia de Madrid y norte de la provincia de Toledo. En este territorio las masas de pinar aparecen entre 600 y 1000 metros de altitud, en las estribaciones orientales de la Sierra de Gredos y occidentales de la Sierra de Guadarrama. Son masas que ocupan laderas con fuerte pendiente, salpicadas de afloramientos graníticos y berrocales.

Se asientan sobre un sustrato formado, básicamente, por materiales silíceos: granito y gneis. Los suelos presentan texturas arenosas a muy arenosas, con alta permeabilidad, y total ausencia de carbonatos. El tipo de suelo dominante sobre gneis es el cambisol dístico, mientras que en las zonas graníticas dominan los cambisoles húmicos asociados a ranker y, en algunas zonas, litosoles.

La zona se halla situada en territorio de fitoclima Mediterráneo genuino IV₄, con tendencia a subtipos Nemoromediterráneos genuinos VI(IV)₁ y VI(IV)₂ en las zonas de mayor altitud. Las precipitaciones oscilan entre 500 y 1000 mm anuales, con un gradiente marcado por la altitud. La temperatura media anual en el territorio oscila entre 12,2 y 15,3 °C.

El piñonero aparece mezclado en estas masas con la encina, que actúa como sotobosque en la parte más meridional y baja del territorio, mientras que en zonas más altas, la encina se mezcla con el pinar formando chaparras más o menos aisladas, intercalándose también el enebro (*Juniperus oxycedrus*). En las vertientes septentrionales, y en las áreas de mayor altitud, el piñonero aparece mezclado también con el *Pinus pinaster*. En los terrenos más húmedos el matorral está formado por la

cornicabra, el romero, la retama y la olivilla; mientras que en las zonas más secas y degradadas hay predominio de los jarales (Blanco *et al.*, 1997).

Blanco *et al.* (1997) consideran la existencia de estos pinares y otros situados sobre laderas graníticas en Sierra Morena, lejos de las zonas arenosas y costeras y dentro de un ambiente de media montaña, como refugios térmicos que se mantuvieron durante la fase final del pleistoceno.

Se trata de pinares con poca regeneración como consecuencia del abundante pastoreo a que han estado sometidos tradicionalmente. Algunos autores (Montero *et al.*, 2003) atribuyen al mordisqueo del ganado sobre los pinos jóvenes la gran cantidad de pinos ahorquillados a baja altura (1,5 m o menos). Por tratarse de montes muy aclarados y pastoreados la producción de madera ha tenido poca importancia. En la actualidad, ha disminuido mucho el pastoreo en algunos montes, considerándose como preferente el uso recreativo, paisajístico y ambiental, debido a su relativa cercanía a Madrid.

La importante carga ganadera, la dificultad para la regeneración natural, la recurrencia de incendios forestales, la importancia de la producción de piña frente a la madera, la dificultad de acceso al pinar, y, en general, la escasa gestión aplicada hasta épocas recientes, ha propiciado la existencia, en este territorio, de numerosas masas que presentan estructuras semirregulares, con mezcla en forma de pequeños bosquetes de 3 ó 4 clases naturales de edad.

I.6. PINARES DE SIERRA MORENA

En este territorio se incluyen las masas situadas en el norte de las provincias de Huelva, Sevilla y Córdoba, Noroeste de Jaén y Sur de Badajoz y Ciudad Real. Las masas se localizan en un paisaje de orografía muy accidentada, formada por un continuo de sierras con alineación NO-SE, ocupando terrenos con altitudes comprendidas entre 200 y 800 m.

Estos pinares se asientan sobre materiales muy antiguos de las eras primaria y precámbrica. Ocupan sustratos de naturaleza silícea, pizarras, esquistos, granitos, gneis y cuarcitas. Los suelos son ácidos, con texturas francas a arenosas, escasamente evolucionados y con baja fertilidad química. Los suelos más abundantes son el cambisol eútrico y el cambisol dístrico, apareciendo los litosoles y ranker en los terrenos más abruptos. En el norte de la provincia de Córdoba se localizan pequeñas manchas de luvisol crómico.

En cuanto al clima, la práctica totalidad de las masas se sitúan sobre clima Mediterráneo genuino IV₄. Por su amplia extensión superficial a lo largo de Sierra Morena se produce una variabilidad climática desde el oeste hacia el este, caracterizada por la pérdida de influencia de los vientos húmedos del suroeste y el aumento de la continentalidad hacia el este, llegando a existir en la zona oriental áreas con fitoclima IV₃. La precipitación media anual se ve influida por estos vientos, oscilando entre 500 mm en los pinares jienenses y 1000 mm en la Sierra de Aracena. La temperatura media anual es elevada, oscilando entre 14,8 y 19,4 °C, prácticamente sin heladas.

Pinus pinea aparece mezclado en todo el territorio con la encina, y con el alcornoque en las zonas más húmedas. En esta región, además de las masas naturales,

tiene mucha importancia la presencia de pinares coetáneos, repoblados mayoritariamente a partir de 1940-45 a través de consorcios con propietarios públicos y privados. El objetivo preferente de estas masas es el protector. En el momento de su instalación las repoblaciones se realizaron a altas densidades, superando los 2000 pies/ha, rebasando esta cifra en el caso de las siembras. Hasta ahora se han hecho claras moderadas para preservar su función protectora, ya que la producción de piña es baja y la recolección muy costosa, salvo en enclaves especiales.

II. REGENERACIÓN NATURAL Y TRATAMIENTOS DE REGENERACIÓN

Pinus pinea es una especie exigente en luz en todas las fases de su desarrollo. Esta exigencia ha determinado la orientación de los tratamientos de regeneración que tradicionalmente se han aplicado. Cuando, a finales del siglo XIX, se comenzó la aplicación de la selvicultura reglada en estos pinares, el método más utilizado fue el de cortas a hecho seguidas de regeneración artificial por siembra. En muchas ocasiones, el objetivo de conseguir la regeneración natural durante los 2-3 años siguientes a la corta no se logró, debido en ocasiones a la falta de recursos para hacer las siembras o plantación en el tranzón de corta.

La irregularidad presupuestaria, unida a la facilidad para la regeneración natural observada en las masas de piñonero (excepto las localizadas en terrenos muy arenosos o en zonas con alta presión ganadera), dirigió cortas hacia el método de aclareo sucesivo uniforme. Así se aseguraba que, adoptando una secuencia de cortas bien dirigidas y el acotamiento al ganado, se conseguía la regeneración, aún siendo necesaria alguna ayuda para regenerar por siembra claros, calveros o enclaves especiales de difícil regeneración (Gordo, 1999). Otros tratamientos de regeneración propuestos fueron la realización de cortas a hecho en fajas estrechas, de 10 a 12 m de ancho (Ximénez Embún, 1959), seguida de destocoamiento y gradeo de la faja, y la realización de cortas a hecho por bosquetes (Baudin Sanchez, 1966).

II.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA REGENERACIÓN:

II.1.1. Factores propios de la especie

Tamaño de la semilla

El piñón de pino piñonero es pesado y de gran tamaño, siendo el ala del piñón de tamaño menor que la cáscara del mismo, lo que impide una favorable dispersión por viento (Laguna, 1878; Ruiz de la Torre y Ceballos, 1979). En consecuencia el regenerado tiende a instalarse bajo la zona de influencia de la copa o en las cercanías del arbolado padre (Masetti y Mencuccini, 1991), lo que limita el tamaño de los bosquetes o fajas en el caso de realizar cortas a hecho. La dispersión fuera del área de proyección de las copas se consigue por la acción de pequeños animales (Prada *et al.*, 1997).

Disponibilidad de semilla

Las masas de pino piñonero comienzan a producir fruto entre los 15 y 25 años de edad (Gallardo Martín y Gallardo de Prado, 1998; Pardos Carrión y Abellanas, 1988; Prada *et al.*, 1997). El ciclo de floración, fructificación y diseminación es trienal. La diferenciación de las flores femeninas es un proceso muy ligado a la integral térmica

(Mutke, 2000) y a la precipitación (Pozzera, 1959) de la primavera. A lo largo de los dos años siguientes a la floración, factores abióticos, tales como la sequía de verano (Montero *et al.*, 2000c), heladas o tormentas, y factores bióticos, como plagas (*Dyorictria mendacella* o *Pissodes validirostris*) o la predación por roedores, condicionarán el número final de conos maduros en el árbol, cuya apertura y diseminación del piñón tendrá lugar al principio del verano del tercer año del ciclo.

Vecería

El pino piñonero es una especie con un marcado carácter vecero, presentando notables diferencias en la producción de piña entre unos años y otros. Aunque se han propuesto diferentes patrones de variabilidad en las cosechas, indicando un periodo de repetición de ciclo de entre 5 y 10 años (Gordo *et al.*, 2000; Ximénez de Embún, 1959) los resultados experimentales no parecen avalar ninguna de las opciones. La Figura II.1 muestra el patrón de variabilidad en producción anual de piña para los años 1962-2000, obtenido en los montes públicos de Valladolid durante el periodo, estimada a partir de los datos anuales de aforo de las cosechas. La Figura II.2 refleja el patrón de variabilidad referido a la producción media por árbol detectado en las más de 400 parcelas INIA instaladas en Huelva, Valladolid, Madrid y Ávila, donde se recoge anualmente, desde 1993, la cosecha de piña.

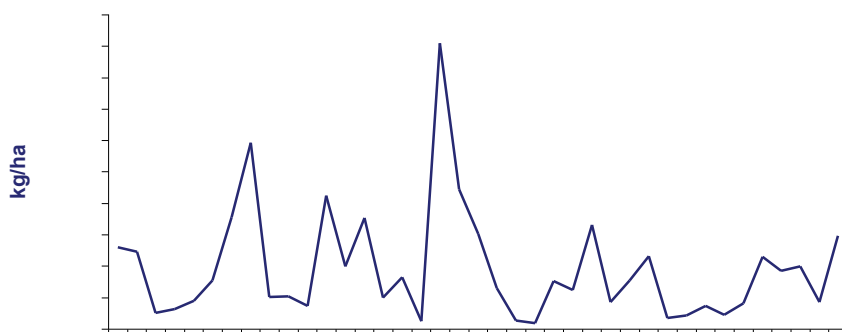


Figura II.1: Media anual ponderada de producción de piña para los montes de UP de Valladolid (cortesía de Javier Gordo)

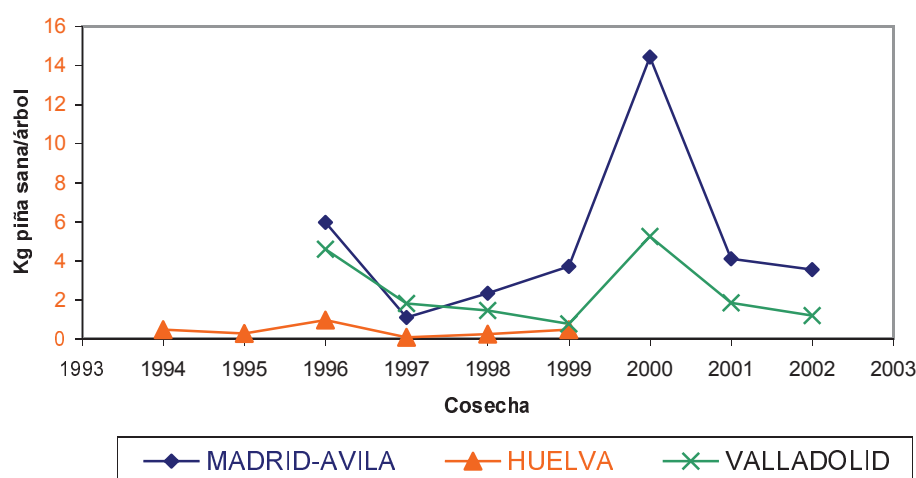


Figura II.2: Producción media de piña de *Pinus pinea* en las parcelas de experimentación del INIA de las provincias de Huelva, Valladolid, Madrid y Ávila, durante el período 1994-2002.

Luz

El pino piñonero es una especie de marcado carácter heliófilo, requiriendo luz para conseguir la germinación de la semilla, y el establecimiento y desarrollo del regenerado. Cutini (1986) menciona valores de área basimétrica comprendidos entre 8-12 m²/ha en masas adultas como óptimos para alcanzar los mayores niveles de regeneración natural.

II.1.2. Factores propios de la estación

Sequía

En el establecimiento y desarrollo del regenerado natural de *Pinus pinea* la disponibilidad hídrica puede considerarse, al igual que en otras especies mediterráneas, el factor limitante crítico. La germinación de los piñones en suelos arenosos requiere una humedad del sustrato referida a peso seco comprendida entre el 15 y el 25 % (Magini, 1955). Las plántulas emergidas al final de la primavera presentan una elevada mortandad durante los meses de verano, como consecuencia del bajo contenido en agua del sustrato, en especial en los terrenos arenosos (Masetti y Mencuccini, 1991).

Temperaturas extremas

Tanto la temperatura ambiental como la temperatura del suelo son factores que condicionan la germinación y la supervivencia del regenerado de *Pinus pinea*. Los mayores porcentajes de germinación de piñones se consiguen con temperaturas medias comprendidas entre 17 y 19° C (Magini, 1955), con ausencia de germinación en temperaturas inferiores a 10° C y superiores a 25-28° C. Este factor, unido al periodo de dispersión de la semilla, y a los requerimientos de humedad, condiciona la concentración de la germinación y nascencia de plántulas desde el final de la primavera hasta el inicio del verano y durante las primeras semanas del otoño.

En zonas interiores de la meseta, con una continentalidad muy marcada, el regenerado sufre fuertes heladas en invierno y elevadas temperaturas en verano, siendo frecuente la muerte de numerosas plántulas por ambos factores.

Litología y sustrato

Las arenas sobre los que vegeta la especie condicionan de forma notable la capacidad de establecimiento del regenerado; son sustratos muy permeables, en los que difícilmente se acumula la humedad suficiente para garantizar la supervivencia del regenerado. Asimismo, la insolación directa sobre este tipo de terrenos provoca que, durante los meses de verano, se alcancen temperaturas muy altas en las cercanías del cuello de la raíz, provocando la muerte de la plántula.

Aunque se pueden considerar los terrenos óptimos para el desarrollo y crecimiento de los individuos de esta especie, las arenas dificultan la regeneración natural. A medida que los sustratos van adquiriendo texturas más francas, con presencia de arcillas miocénicas, como es el caso de los páramos calizos de Valladolid; o en aquellas zonas en las que el espesor de las arenas permite la aparición de arcillas terciarias a profundidades pequeñas, el porcentaje de regeneración natural obtenido se incrementa notablemente.

Competencia inter-específica

En las áreas donde crecen de forma natural las masas de pino piñonero, el factor limitante para el desarrollo de un individuo es la disponibilidad hídrica. La germinación e instalación del regenerado puede beneficiarse por la existencia de una cubierta de matorral, especialmente en terrenos arenosos, donde reducirá las pérdidas de agua por evapotranspiración (Masetti y Mencuccini, 1991). Sin embargo, los individuos de especies herbáceas o de matorral heliófilo, existentes antes de la germinación de las plántulas de pino, o instalados durante los primeros años de instalación del regenerado, compiten por el agua con el regenerado, pudiendo llegar a ahogarlo. Este fenómeno será tanto más acusado cuanto mayor sea el retraso en la aparición del regenerado respecto a la instalación de estas especies, y, de ahí, la importancia de conseguir el regenerado de la forma más inmediata posible una vez iniciadas las cortas de regeneración.

Empradizamiento

La apertura de huecos en la masa adulta realizada en las cortas de regeneración provoca la puesta en luz del territorio, y una aceleración de los procesos de descomposición de la materia orgánica. Si no se produce la aparición inmediata de regenerado de la especie principal el terreno es ocupado por especies herbáceas de carácter heliófilo, provocando un empradizamiento o encespedamiento que dificulta notablemente la germinación y establecimiento de las semillas. El laboreo de estos terrenos no tiene en muchas ocasiones efectos positivos sobre el regenerado, y aumenta la proliferación de herbáceas, por lo que se suele recurrir a la regeneración artificial de los calveros mediante siembra.

II.1.3. Otros factores*Depredación del fruto por fauna silvestre*

El número de conos que alcanzan la madurez y de semillas disponibles puede verse afectado por la acción de insectos perforadores de las piñas. *Pissodes validirostris* daña la piña por completo, impidiendo su desarrollo, aunque su ataque suele ser puntual, centrado en unos pocos pies. *Dyorictria mendacella* no impide el desarrollo total de la piña, pero suelen afectar a la práctica totalidad de los pies de un rodal.

La ardilla (*Sciurus vulgaris*) ejerce una fuerte predación sobre las piñas de *Pinus pinea*, efecto más patente en los años de escasa cosecha, reduciendo notablemente el número de semillas disponibles.

Recogida de fruto

La recolección de la piña de *Pinus pinea* y la posterior extracción y comercialización de sus piñones supone uno de los aprovechamientos comerciales de mayor interés en las masas de pino piñonero de España. Ya desde antiguo se ha indicado (Laguna, 1864) el posible efecto de esta actuación sobre la regeneración, al disminuir notablemente la existencia de la semilla necesaria para conseguir la regeneración en los tramos en destino. Una solución propuesta es el acotamiento a la recogida de fruto en estos tramos durante el periodo de regeneración, al menos hasta que se haya instalado y asentado un regenerado con garantía suficiente.

Pastoreo

Los pinares de pino piñonero han sido sometidos, desde antiguo, a una fuerte carga ganadera, que en muchos casos ha condicionado la existencia y persistencia del regenerado. En determinadas zonas, como son los pinares de los valles del Alberche y del Tiétar, la acción del ganado caprino puede considerarse como el factor que más ha condicionado la regeneración y la posterior estructura de estas masas (Olazabal, 1917). En zonas sobrepastoreadas, la actuación del ganado sobre las plantas se mantiene hasta que las guías terminales de éstas no superan en altura el límite de acción del mordisqueo por el ganado.

Para la consecución de un regenerado adecuado es fundamental que en los años siguientes a la apertura de huecos realizada en las cortas de regeneración se produzca algún año de buena cosecha, que garantice la disponibilidad de semilla en el suelo, en cantidad suficiente. Es necesario, asimismo, que la buena disponibilidad de semilla coincida con años en los que existan precipitaciones, aunque sean moderadas, durante el verano y no haya sequía en los meses de primavera ni otoño. Finalmente, se considera también necesario que se controle, acote o reduzca la intensidad del pastoreo en los tramos en regeneración.

II.2. TRATAMIENTOS GENERALES

II.2.1. Masas regulares

Pinus pinea puede regenerarse de forma natural por cortas a hecho en todas aquellas estaciones donde no existen dificultades provocadas por encespedamiento, excesiva pedregosidad, suelos arenosos muy pobres, exposiciones de solana... En cualquier caso, la aplicación de este tratamiento se limitaría únicamente a aquellas zonas en las cuales no haya posibilidad de erosión y degradación del suelo tras la intervención. La dificultad se presenta en la elección del tamaño de los tranzones o bosquetes. Dado que la semilla del pino piñonero es grande y pesada, la dispersión de la misma por el viento es difícil. Esto implica que si se desea conseguir la regeneración del bosque de forma natural, la superficie de corta no podrá ser mucho mayor de 2.500 m², superficie máxima para que la semilla pueda llegar al centro del hueco abierto. La aplicación de cortas a hecho por fajas de 15-20 m de ancho, manteniendo masas de pinar adulto a ambos lados de la faja, permite actuar sobre superficies mayores.

El método de cortas a hecho sobre tranzones de gran superficie seguidas de regeneración artificial mediante siembra o plantación se ha aplicado desde finales del siglo XIX hasta 1975-80 en numerosos pinares de la meseta norte y del sur de Huelva, en masas con objetivo preferente de producción maderera. Durante el último cuarto del siglo XX, el método de cortas a hecho fue perdiendo importancia paulatinamente aplicándose a escasos montes en la actualidad.

Desde el inicio de la aplicación de la selvicultura reglada a finales del siglo XIX, se aplica también el método de cortas por Aclareos Sucesivos y Uniformes (ASU) en masas de pino piñonero (Gordo, 1999). Este método fue ganando partidarios hasta el punto de que, en la actualidad, es el más utilizado para lograr la regeneración natural en las masas de esta especie.

En la aplicación del método de cortas por ASU a las masas de pino piñonero, la elección del número de cortas, la intensidad de las mismas y el tiempo de separación entre ellas depende de las condiciones ecológicas de la masa por un lado, y, principalmente, de la densidad con la que la masa afronta la entrada en el periodo de regeneración

Con los turnos de ordenación propuestos habitualmente para la especie en la actualidad, que oscilan entre 100-120 años, el periodo de regeneración debe fijarse en torno a 20-25 años. Para lograr la regeneración hay que recorrer los tramos en regeneración durante los 3-4 primeros años del periodo haciendo cortas preparatorias. Estas cortas deben conseguir una densidad del arbolado en torno a los 100-150 pies/ha, densidad que se considera óptima para poder proceder a las cortas diseminatorias.

Las cortas diseminatorias se ejecutarán durante la primera mitad del periodo de regeneración. Si no se consideró necesaria la realización de cortas preparatorias, las diseminatorias se podrían ejecutar al principio del periodo de regeneración. Las cortas diseminatorias buscan la apertura de huecos de suficiente tamaño (150-300 m²) y forma irregular, en los que se instalará el regenerado. Se dejarán en pie los árboles de mejor fenotipo, y si se conocen, los mejores productores de piña.

La masa que queda en pie se elimina en una corta aclaratoria de liberación del regenerado, que se realizará lo antes posible una vez se considere establecida y asegurada la regeneración, con el objeto de evitar daños a la masa joven. En esta corta se dejarán en torno a 20-25 pies/ha, que serán apeados en la corta final, realizada al final del periodo de regeneración. El mantenimiento de estos pies tiene importancia como reserva de semilla frente a posibles daños al regenerado, como protección del regenerado, y como complemento de las rentas del monte, al poderse recoger la piña en estos árboles, una vez garantizada la regeneración, hasta el momento de la corta final.

El esquema anterior se corresponde con el modelo para unas condiciones medias. En muchas ocasiones, si el programa de claras ha permitido que la masa entre en regeneración con densidades cercanas a los 100 pies/ha, y si las condiciones ecológicas de la estación son favorables, el tratamiento por ASU se convierte en un tratamiento por cortas a hecho en dos tiempos, haciendo una corta fuerte al inicio del periodo que afecta al 50-60% de los pies y otra al final del periodo, una vez conseguida gran parte de la regeneración.

En el polo opuesto, nos encontraríamos con las masas que alcanzan el periodo de regeneración con densidades elevadas, en estos casos no sólo serán necesarias las cuatro intervenciones (cortas preparatoria, diseminatoria, aclaratoria y final), sino que en muchas ocasiones puede ser necesario retrasar la corta final hasta la mitad del periodo siguiente, con el objeto de no concentrar en el tiempo las intervenciones. Asimismo, en masas buenas productoras de piña, o en aquellas masas en las que no se desee extraer toda la masa por motivos de paisaje, conservación de la diversidad u otros, la corta final podrá retrasarse hasta el final del periodo siguiente. Esta actuación tiene los inconvenientes de que los árboles padres crean una fuerte competencia al regenerado, impidiendo el normal desarrollo de las copas de los pies jóvenes, y que la extracción de los árboles viejos puede provocar daños de consideración en la masa joven.

En los huecos en los que no se haya conseguido la regeneración durante el periodo establecido, ésta se puede lograr bien dejando algunos árboles padres durante medio periodo más, o bien acudiendo a la siembra o plantación de aquellas zonas en las que por sus condiciones especiales (matorral, encespedamiento, pedregosidad, suelo muy arenoso y pobre, etc.) se prevea difícil el logro de la regeneración natural.

En cualquier caso, es difícil acotar el número de cortas y el porcentaje de árboles que debe extraerse en cada una de ellas, pues cada situación puede plantar distintas particularidades. En cada caso el selvicultor tendrá que interpretar y plantear aquellas modificaciones al esquema que considere convenientes. En la Tabla II.1 se presenta un esquema de cortas de regeneración para tres escenarios en los que varía el número de árboles por hectárea con los que llega la masa al momento de su entrada en regeneración.

Tabla II.1: Esquema de cortas de regeneración en función del número de pies/ha al inicio del periodo de regeneración.

Pies/ha al inicio del periodo	Corta preparatoria		Corta diseminatoria		Corta aclaratoria		Corta final	
	% Extraídos	Pies/ha que se dejan	% Extraídos	Pies/ha que se dejan	% Extraídos	Pies/ha que se dejan	% Extraídos	Pies/ha que se dejan
75-100	<i>No se hace</i>		50 % ⁽¹⁾	37-50	50 % ⁽²⁾	18-25	100%	0
150-250	50 % ⁽¹⁾	75-125	50 % ⁽²⁾	37-62	50 % ⁽³⁾	18-31	100%	0
250-350	60 % ⁽¹⁾	100-140	50 % ⁽²⁾	50-70	50 % ⁽³⁾	25-35	100%	0

⁽¹⁾ La corta se hace el primer año del periodo

⁽²⁾ La corta se hace en torno al año 10 del periodo

⁽³⁾ La corta se hace en torno al año 15 del periodo

II.2.2. Masas irregulares

La creación y mantenimiento de masas irregulares con mezcla íntima de clases de edad, pie a pie, mediante tratamientos selvícolas, no es posible en especies muy exigentes en luz. En las masas de *P. pinea* la condición de irregularidad se consigue mediante la formación de bosquetes y microbosquetes, generalmente coetáneos, o con escasa diferencia de edad entre los árboles que lo integran. La edad media de los distintos bosquetes es diferente, aunque no es frecuente encontrar en una misma masa bosquetes pertenecientes a más de 3-4 clases artificiales de edad (Montero y Yagüe, 1994). En estas masas la irregularidad estructural se produce por la mezcla íntima y confusa de los numerosos bosquetes de diferentes tamaños y edades.

Estas estructuras pueden haberse originado por diversas causas, entre las que cabe mencionar la instalación de regeneración anticipada en huecos de la masa, la realización de aclareos sucesivos en bosquetes en los que la regeneración se consiguió una vez concluido el periodo de regeneración, la existencia de árboles sueltos reservados como árboles padres o que persisten por haber tenido un especial interés como productores de piña, bosquetes regenerados de forma muy incompleta por su excesiva superficie o por sobrepastoreo (Montero *et al.* 2003). Esta casuística configura una amplia gama de casos en cuanto al tamaño y forma de los bosquetes, diferencias de edad y repartición

superficial de los mismos, lo que da lugar a la creación de paisajes que presentan fisionomías muy peculiares y de difícil clasificación estructural.

Cada uno de estos bosquetes suele estar ocupado por pies pertenecientes a la misma clase de edad. La unidad de gestión que incluiría todo el rango de clases de edad (la serie completa de bosquetes) sería el cantón o tramo de entresaca. El equilibrio entre las clases de edad debe buscarse dentro del tramo de entresaca o excepcionalmente para un grupo de tramos, contiguos o no, que formen un grupo. No existen referencias acerca de la superficie del tramo de entresaca o serie completa de bosquetes, pero considerando los valores propuestos por Boudrou (1989) para especies heliófilas, el tamaño de los bosquetes y el conjunto y distribución de las clases de edad en la masa, serían recomendables cantones con superficie en torno a las 10 ha.

Bajo estas condiciones de gestión, un tramo de entresaca de pino piñonero estará poblado por bosquetes correspondientes a 3 ó 4 clases de edad. Para mantener y perpetuar esta estructura, los gestores de estas masas han propuesto (Finat *et al.*, 2000) establecer un periodo de rotación de 20-25 años, y formar un cuartel de entresaca, que se compone de un número de tramos igual al periodo de rotación, de manera tal que a lo largo del periodo se puede actuar de forma sucesiva en cada uno de los tramos.

En el tramo correspondiente se realizarán cortas de regeneración sobre los bosquetes de más edad, mientras que en el resto de bosquetes se realizarán clareos, claras y cortas de mejora, de acuerdo a su edad y a su estado sanitario y se actuará sobre los individuos de tamaño comercial que se encuentren dominados o compitiendo con los individuos vigorosos de clases de edad superiores. Complementaria a esta intervención, o al año siguiente a la misma, se actuará sobre los pies menores, realizando clareos, claras y podas de formación.

En los bosquetes de mayor edad, las cortas de regeneración pueden hacerse, en principio, por cualquiera de los métodos descritos anteriormente. En la práctica se eliminan los pies menos vigorosos, manteniendo en pie aquellos árboles cuyo estado sanitario garantice la continuidad en la producción de piña a lo largo del siguiente periodo. En los huecos así abiertos se instalará el regenerado.

Esta organización de la masa lleva en la práctica a masas relativamente claras, con mucha diversidad estructural debido al efecto borde. Algunos autores (Bernetti, 1995) indican que el número de árboles mayores de 17,5 cm de diámetro por hectárea oscila entre 90 y 130, el área basimétrica entre 9 y 13 m²/ha y el volumen entre 90 y 130 m³/ha. En nuestra opinión, y de acuerdo con los resultados obtenidos en la ordenación de masas de pino piñonero en estructura irregular en la provincia de Valladolid (Finat *et al.*, 2000; Calama *et al.*, 2005) esta cifra se puede incrementar, en alrededor de un 20% si se hace una selvicultura intensiva y preocupada por mantener un correcto equilibrio entre las clases diamétricas y de edad dentro de cada cantón.

La gestión de los pinares de piñonero como masas de estructura irregular por bosquetes, además de responder a una realidad, que es la situación actual de muchos montes en los que la aplicación de métodos de ordenación propios de masas regulares no ha tenido éxito, tiene aplicación ventajosa en las siguientes situaciones (Yagüe, 1995):

- Masas con producción preferente de fruto, en las que interesa mantener de forma continuada un estrato de árboles de edad avanzada, seleccionados de entre los mejores productores, asegurando continuidad en la producción de piña al nivel de tramo de entresaca.
- Masas con alto interés paisajístico y de uso recreativo y social.
- Masas con carácter eminentemente protector.

Estas razones obligan a considerar este tipo de masas y a definir sistemas selvícolas y de ordenación que optimicen su producción sostenible y garanticen la persistencia, en las mejores condiciones posibles, de estos sistemas forestales.

II.2.3. Masas coetáneas procedentes de repoblación

Entre 1955 y 1990 se repoblaron en España, con la especie *Pinus pinea*, más de 210.000 ha. En Sierra Morena esta actividad repobladora fue especialmente importante, existiendo en la actualidad masas caracterizadas por presentar grandes superficies monoespecíficas y coetáneas, bajo una misma linde.

En un principio, cuando estas masas alcancen la edad de madurez, se podrá aplicar cualquiera de los tratamientos de regeneración mencionados, dependiendo de las características ecológicas de las mismas y de la orientación productiva que se quiera dar como prioritaria a la masa (protección, madera-piña, piña, etc.). El principal problema en estas masas viene dado por su carácter coetáneo, lo que implicaría que, en caso de querer establecer una estructura de masa regular, se realizarían grandes sacrificios de cortabilidad derivados de iniciar la regeneración en tramos aún jóvenes, o de mantener una masa remanente de pies viejos.

Una aproximación al problema de estas masas (Madrigal, 1994) vendría definida por la división del territorio en unidades (grandes cantones) homogéneas en cuanto a calidad de estación, edad y selvicultura. Para cada cantón se definiría una selvicultura acorde con su edad, objetivo preferente, calidad de estación... En las mejores estaciones, los pinares mantienen una tendencia creciente en producción de piña hasta edades avanzadas, a la vez que se retrasa la aparición de hongos de pudrición de la madera, como *Phomes pini* (García Güemes y Montero, 1998; Yagüe, 1995). Esto permitiría alargar el turno en las zonas de mejor calidad, sin pérdida aparente de productividad; mientras que el turno se acortaría en los rodales situados en las peores estaciones.

Otra alternativa sería la búsqueda de una estructura irregular por bosquetes en cada uno de los grandes cantones definidos anteriormente, acudiendo a cualquiera de las estructuras propuestas para las masas irregulares, y aplicando los tratamientos que se indican.

En el interior de las masas repobladas en Sierra Morena y estribaciones se localizan rodales de encina y alcornoque que no fueron repoblados en su momento. Por otra parte, existen zonas donde se ha instalado, bajo el pinar, un regenerado de quercíneas pujante, que ocupa además los huecos que se generan en la masa. Una gestión orientada al establecimiento de una masa mixta pinar-encinar o pinar-alcornocal aseguraría la consecución del objetivo protector de la masa (prioritario en la mayoría de estas repoblaciones), permitiendo a su vez una percepción de rentas continuada (bellota, corcho, piña y madera), que paliara los sacrificios monetarios derivados de la transformación del pinar original. Este razonamiento es válido para otras masas en las

que el pinar de piñonero aparece mezclado con quercíneas, tal y como sucede en los páramos calizos de la meseta norte, o en gran parte de las masas de Cataluña.

Mención especial merecen las repoblaciones mixtas de pino-encina y pino alcornoque, que tienen su origen en la aplicación del sistema de primas ofrecidas por el decreto de reforestación de tierras agrarias (RD 378/93), por lo que son masas que en la actualidad tienen entre 8 y 10 años. En estas repoblaciones se están empleando densidades bajas, con marco 6 x 5 m (333 pies/ha), y la proporción de especies es, generalmente de 2 pinos a 1 alcornoque, aunque a veces se propone la inversa (2 alcornoque a 1 pino).

El futuro de las masas mixtas de quercíneas y pinar vendrá determinado por la producción preferente de la masa, sea ésta corcho, bellota, leñas, piña o madera, considerando siempre, además, el interés protector, paisajístico y de conservación de la diversidad asociado a estas masas. En las zonas más frescas y fértiles se potenciará a los individuos del género *Quercus*. En las lomas, con suelos más rocosos y pobres, se potenciará la presencia del pinar. En cualquier caso, la gestión debe orientarse a la producción múltiple del monte.

III. TRATAMIENTOS CULTURALES

III.1. LIMPIAS

En los pinares adultos es habitual la realización de limpieas de matorral. El objetivo de esta operación es, por un lado, la eliminación de combustible en el monte, y por otro, la limpieza del monte, lo que facilita las operaciones de recolección de piña, aumentando notablemente el rendimiento de la operación.

La realización de esta operación se debe hacer coincidir con otras labores de clara o poda de fuste en el monte. En los montes llanos, se aprovechan las tareas de eliminación de residuos, realizadas por trituración con desbrozadora a lo largo de cordones distribuidos por toda la superficie del pinar, para eliminar el matorral.

En masas recién instaladas se aplican las “rozas de regeneración”, cuya finalidad es liberar al regenerado de la competencia de las herbáceas o del matorral durante los primeros años.

III.2. CLAREOS

En masas procedentes de regeneración natural y siembras, donde la densidad inicial de establecimiento es muy alta, o en plantaciones a alta densidad, se debe realizar unas primeras labores de intervención en edades inferiores o cercanas a los 10 años (Cadahia y Rebollo, 1963; Carvalho, 2000; Ximénez de Embún, 1959).

Esta primera intervención debe llevar la masa a densidades en torno a 600 – 800 pies por ha, densidades adecuadas para iniciar, con posterioridad, los programas de claras (Mercurio, 1989; Montoya, 1989). En esta intervención se suele realizar, además una primera poda de limpieza de fuste (Yagüe Bosch, 1994b), eliminando las ramas bajas del mismo.

III.3. ACTUACIÓN SOBRE LA REGENERACIÓN ANTICIPADA

Las bajas densidades propuestas para la gestión de las masas de pino piñonero, unidas al hecho de que los pinares de piñonero, especialmente los procedentes de regeneración natural, presenten una irregular distribución de los pies en la superficie, propician la aparición de claros y huecos. La regeneración que se asienta en estos huecos es la responsable de las estructuras irregulares y semirregulares antes mencionadas.

Si la regeneración se asienta sobre un hueco extenso, aunque la gestión esté orientada al mantenimiento de una estructura regular, el regenerado se dejará evolucionar, aplicando las labores que correspondan para garantizar su inclusión en la masa. Sin embargo, si el regenerado puede competir con masa adulta en plena producción de madera y piña, suele eliminarse, aprovechando para ello la realización de claras en el rodal. Asimismo, al entrar la masa en cortas preparatorias para la regeneración mediante aclareo sucesivo uniforme se eliminan estos pies, de dudoso porvenir selvícola al haber estado sometidos a fuerte competencia por parte de los árboles del estrato adulto. En estas condiciones se respetan únicamente los brinzales con edades no superiores a 3-4 años.

III.4. CLARAS

III.4.1. Programación de claras

- La definición de los factores caracterizadores de una clara viene condicionada por:
- El objetivo preferente de la masa: en el caso de los pinares de pino piñonero estos objetivos pueden ser protección, uso recreativo, social y paisajístico, producción de madera, producción mixta madera-piña y producción de piña.
 - El estado inicial de la masa antes de la primera clara. En las masas de pino piñonero encontraremos normalmente masas densas procedentes de regeneración natural, con distribución espacial del arbolado irregular; masas densas procedentes de repoblación mediante siembra o plantación y masas procedentes de repoblaciones lineales con densidades bajas.

III.4.2. Tipos de clara

El temperamento de la especie y el intento de favorecer el desarrollo de aquellos individuos con las copas más vigorosas, con el fin de potenciar la producción de piña, ha determinado el que las claras ejecutadas hayan sido siempre por lo bajo, eliminando los pies suprimidos, dominados y con copa menos vigorosa. Además, las claras bajas son el tratamiento más apropiado para aquellas especies y aquellas estaciones en las que, más que la disponibilidad de luz, el factor limitante para el crecimiento es la escasez de agua o de nutrientes en el suelo (Smith y [Hawley, 1986](#)).

Únicamente en las primeras claras sobre masas jóvenes muy densas, en las que es necesaria la apertura de calles que permitan el tránsito de maquinaria, o en primeras claras sobre repoblaciones lineales en terrazas, se plantea la realización de claras semisistemáticas, combinación de claras sistemáticas y claras bajas.

III.4.3. Edad de iniciación de la clara

La edad de inicio de la clara está condicionada por los dos factores antes citados, el objetivo preferente de producción de la masa y la densidad inicial de la masa. Centrándonos en los objetivos principales de la masa:

- Las masas orientadas a la producción de piña o la producción mixta piña-madera deben ser aclaradas fuertemente y a edades jóvenes para favorecer el desarrollo de la copa desde las primeras edades. Está aceptado por numerosos autores (La Marca, 1989; Montero y Candela, 1998; Yagüe Bosch, 1994b) y confirmado por la experiencia práctica que en las masas aclaradas muy tardíamente los árboles tardan mucho en desarrollar el volumen de copa necesario para comportarse como buenos productores de fruto.
- Cuando el objetivo de producción de la masa sea la obtención de fustes maderables de calidad, la primera clara se puede retardar (Di Tella, 1946), lo que favorecería la poda natural, aunque en pino piñonero este fenómeno no es tan acusado como en otras especies.
- Finalmente, en las masas con carácter eminentemente protector, la primera clara puede retrasarse aún más. En estos casos, debe evitarse, como medida preventiva frente a la acción del fuego, la excesiva acumulación de biomasa.

La densidad inicial de la masa condiciona la edad de inicio de la clara de la siguiente forma:

- Cuando se trata de masas procedentes de regeneración natural, repoblaciones por siembra, o plantaciones a densidades muy altas (cada vez menos frecuentes), la primera clara debe hacerse tan pronto como se noten los primeros síntomas de competencia, como la abundancia de árboles comprimidos, mortalidad natural significativa, comienzo de la poda natural en numerosos árboles y clara disminución o estancamiento del crecimiento en diámetro.
- En masas muy claras, procedentes de plantaciones con baja densidad inicial, los fenómenos descritos anteriormente no suelen producirse, por lo que la realización de la primera clara viene condicionada por el objetivo preferente de la masa.

Las experiencias realizadas indican que para masas productoras de piña, edades entre 12 y 15 años son adecuadas para el comienzo de las claras. En masas con otras producciones preferentes se puede retrasar el comienzo de las claras hasta los 25 años.

En ningún caso se debe retrasar la primera clara hasta el punto de que el crecimiento en diámetro de los árboles codominantes se ralentice y la poda natural alcance y sobrepase la mitad de la altura total del árbol. En estos casos, las acículas se van haciendo cada vez más cortas y delgadas, tomando un color verde claro. La pérdida de follaje hace que en ocasiones aparezcan, casi exclusivamente, acículas del último año. Las ramillas de los últimos años, son delgadas, sin acículas y de color gris lampiño.

En esta situación la clara es imprescindible, pero la respuesta de la masa suele ser muy lenta. Si se sigue interviniendo durante los años siguientes, se puede lograr alguna respuesta en las masas situadas en las mejores estaciones, aunque la producción de piña no alcanzará cifras significativas hasta edades iguales o superiores a los 50-70 años (no tenemos información experimental para cuantificar esta cifra con precisión) y muy probablemente no se alcanzarán producciones normales más que durante los últimos 30-40 años del turno.

III.4.4. Peso de la clara

El peso de la clara viene condicionado por la producción final de la masa. No existen aún resultados de los ensayos de claras diseñados y desarrollados para *Pinus pinea*, pero sí existe una larga tradición en cuanto a su aplicación, tanto en España como en Italia y Portugal (Cantiani y Scotti, 1988; Carvalho, 2000; Castellani, 1989; Romero y Gilsanz, 1886; Ximénez de Embún, 1959).

En general, los estudios desarrollados reflejan normas o programas de claras que expresan el número de árboles por hectárea que deben de formar la masa en función exclusivamente de la edad, sin hacer referencia a la calidad de estación, ni tener en cuenta el tamaño medio de los árboles, que puede ser muy diferente para una edad similar. En rigor, el número de árboles por hectárea que han de quedar después de la clara debe hacerse depender de alguna variable que indique el tamaño de los árboles de la masa que se desea aclarar. Baudin Sanchez (1963a y 1966) indica que las masas deben mantenerse en una densidad tal que el índice de espaciamiento de Hart-Becking se mantenga entre 100 y 105 a lo largo del turno, sin indicar las razones para esta propuesta. Montero y Candela (1998) proponen un programa de claras en el que se fija el índice de Reineke entre 300 y 360 para un diámetro de 25 cm, y se continúa con la densidad indicada por la recta de Reineke fijada para este valor hasta el final del turno. Las densidades propuestas suponen situarse siempre por debajo del 35% de la máxima densidad biológica.

Los programas y esquemas propuestos difieren notablemente entre sí, pero existen algunos puntos comunes a considerar:

- Salvo en los casos de montes eminentemente protectores, en los que pueda interesar mantener una masa densa a lo largo del turno, las masas deben alcanzar su densidad final (considerando la mortalidad natural que se producirá a lo largo del tiempo) antes de que la masa haya alcanzado la mitad del turno (Castellani, 1989; Mercurio, 1989; Yagüe Bosch, 1994b). Esto permite que los árboles respondan a la clara con importantes crecimientos diametrales, desarrollen copas e incrementen la producción de fruto (Montero y Candela, 1998). De esta forma se consigue aumentar el número de piñas por árbol, incrementándose asimismo el rendimiento en las tareas de recogida. Por el contrario, el escaso valor comercial de los productos obtenidos en las claras en edades jóvenes dificulta el que sea una operación autofinanciable.
- En el caso de que la producción de piña sea incluida entre los objetivos preferentes de la masa, las claras deben ser más precoces y más fuertes que para el resto de casos (Bernetti, 1995; Carvalho, 2000).
- Las claras en pino piñonero deben ser fuertes, de manera que se abran huecos que permitan la expansión de las copas (Pardos y Abellanas, 1988). Las claras iniciales deben ser más fuertes que las realizadas sobre masas adultas (García Güemes, 1999).
- En la clara inicial se puede considerar un peso de la clara que implique que el diámetro medio después de la intervención sea del orden del 20% superior al de antes de la clara, pudiendo alcanzarse una reducción en el 50% de los pies. En las claras siguientes, aunque se pueda seguir reduciendo el número de pies de forma notable (50%), la diferencia entre el diámetro medio antes y después de la clara va disminuyendo, hasta ser del 8-10 % en la última clara.

III.4.5. Número final de pies

La densidad final a la que se quiere dirigir la masa viene condicionada por el objetivo preferente de la misma. De nuevo, aunque existe gran disparidad entre las diferentes cifras propuestas por los autores se propone:

- Para masas productoras de piña, las densidades finales propuestas oscilan entre los 80 y los 125 pies/ha.
- Para masas con objetivo de producción mixta de madera y piña, las densidades finales deben orientarse hacia los 100 – 175 pies/ha.
- En masas productoras de madera de calidad, en las que la recogida de piña es una producción con escaso interés, las densidades finales pueden llevarse hasta los 200 - 250 pies/ha.

III.4.6. Rotación

El tiempo transcurrido entre dos claras consecutivas suele fijarse, para la mayoría de las especies forestales, en función de una dimensión propia del árbol medio o de la masa, tales como el diámetro medio, la altura dominante, el índice de copa viva, o el índice de Hart.

En la práctica, es mejor establecer el número de árboles por hectárea en función de la dimensión seleccionada, y hacer claras cada vez que el número de árboles sea mayor que el que corresponde al valor medio de la masa. Para pino piñonero, la dimensión más adecuada para definir la necesidad de una nueva intervención es el incremento en diámetro medio (Montero y Candela, 1998).

La experiencia indica que las claras no deben repetirse antes de 10 años. Esta decisión se apoya en el análisis del crecimiento radial de individuos de *Pinus pinea*, donde se ha mostrado que, tras claras muy fuertes, el aumento en el crecimiento radial se mantiene durante 20 años (García Güemes, 1999). Junto a esto deben considerarse, además, limitaciones de índole económico y de gestión. En cualquier caso, si las claras no pueden ser frecuentes, tendrán que ser, necesariamente fuertes.

III.4.7. Número de claras

De acuerdo a la necesidad establecida de que las masas alcancen, independientemente de su finalidad y densidad inicial, la densidad final (a la que se añadiría el posible número de pies a perder por mortalidad natural) antes de la mitad de la duración del turno; y habiendo establecido como rotación mínima para las claras 10 años, el número de claras a realizar sobre una masa será de tres o cuatro a lo sumo.

III.4.8. Claras en masas naturales y repoblaciones densas

Para repoblaciones antiguas, procedentes de siembra o plantaciones a alta densidad, situadas en condiciones fisiográficas en las que la protección es importante, existe una

norma de claras basada en el índice de Reineke (Montero y Candela, 1998). Esta norma puede tener validez, asimismo, para masas procedentes de regeneración natural.

Peso de la clara

Partiendo de la recta correspondiente a la máxima densidad biológica encontrada para *Pinus pinea*, y basándose en las claras realizadas, se determinó una recta de densidad de Reineke, que se consideró adecuada para las repoblaciones de Sierra Morena y otras de similares características. El índice de Reineke permite definir programas de claras de diferente intensidad a través de rectas paralelas a la de máxima densidad biológica que garanticen una proporcionalidad entre ellas y respecto a la máxima espesura que pueden alcanzar las masas. Montero y Candela (1998) definen tres propuestas de densidad, expresadas por las siguientes ecuaciones:

- Máxima densidad biológica:

$$\text{Log } N_1 = 5,61 - 1,86 \cdot \text{Log } D_g^*$$

- Densidad indicada para masas orientadas a producción mixta piña-madera y en las cuales la protección del suelo tiene gran importancia:

$$\text{Log } N_2 = 4,42 - 1,33 \cdot \text{Log } D_g^*$$

- Densidad indicada para masas en las que la producción de piña pueda tener mayor interés y su función protectora se considera menos importante. En estos casos se puede reducir la densidad anterior en un 20%.

* Donde: N_i = densidad (pies/ha) y D_g = diámetro medio cuadrático (cm)

En la Tabla III.1 se expresan el número de pies por hectárea obtenido aplicando las funciones anteriores, en función del diámetro medio de la masa después de la clara.

Tabla III.1: Número de pies/ha (N_i) después de la clara, área basimétrica (AB) y porcentaje de densidad respecto a la máxima densidad biológica en función del diámetro medio de la masa. Adaptado de Montero y Candela (1998).

10	5705	44,8	1217	9,6	974	7,7	21	17
15	2687	47,5	710	12,5	568	10,0	26	21
20	1575	49,5	484	15,2	387	12,2	31	25
25	1040	51,1	360	17,7	288	14,2	35	28
30	742	52,4	282	20,0	226	16,0	38	30
35	557	53,6	230	22,1	184	17,7	41	33
40	435	54,6	193	24,2	154	19,4	44	35
45	349	55,6	165	26,2	132	21,0	47	38

Siguiendo este método las densidades se van aproximando entre sí a medida que aumenta la edad de los árboles. Es decir, las densidades de las masas aclaradas se

encuentran más próximas a la máxima densidad biológica al final del turno que al inicio del mismo.

La Tabla III.1 constituye una herramienta para determinar de forma general, la densidad que debe de tener una masa en función del diámetro. Para diámetros diferentes a los que aparecen en la tabla, el número de árboles se calcula con la ecuación de Reineke.

Rotación

Partiendo de los datos ofrecidos por la tabla 2 puede hacerse la siguiente propuesta de rotación para las masas con densidad inicial elevada:

- A partir de un diámetro inicial de 10 cm, y hasta que el diámetro medio de la masa alcance los 20 cm, la clara debe repetirse cada vez que el diámetro medio se haya incrementado al menos en 5 cm. Con esto se consigue que en estas masas jóvenes y densas, la reducción del número de árboles se haga de forma gradual.
- Masas en las que ya se han realizado claras, pero que necesitan seguir aclarándose y cuyo diámetro medio es superior a 20 cm, la clara puede repetirse cuando el diámetro medio se haya incrementado en torno a 10 cm.

III.4.9. Claras en repoblaciones lineales con densidades iniciales bajas

Seguimos en este apartado lo expuesto en Montero y Candela (1998), con una referencia a plantaciones con densidad inicial inferior a 1666 pies/ha (espaciamento 3x2 m), tanto de pino piñonero como especie única, como plantaciones mixtas con *Quercus suber*, con validez para las masas de repoblación instaladas en Sierra Morena.

La mayor parte de 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. Esta primera clara habrá de ser forzosamente sistemática, en el sentido de que los árboles se cortan o se dejan, casi exclusivamente, en función del lugar que ocupan dentro de la fila.

Las combinaciones que pueden hacerse con todos los marcos de plantación posibles son, en teoría, muy numerosas, pero en la práctica se reducen casi exclusivamente a nueve modelos. Los marcos iniciales de plantación considerados son los que se presentan a continuación en la tabla III.2:

Tabla III.2: Número y peso de la clara en función del marco inicial de plantación. Adaptado de Montero y Candela (1998).

Espaciamiento inicial	- Primera Clara -		- Segunda Clara -		- Tercera Clara -	
	N/ha extraídos	N/ha dc	N/ha extraídos	N/ha dc	N/ha extraídos	N/ha dc
1 3 x 2 m (1666 pies/ha)	833 (50%)	833	417 (50%)	417	208 (50%)	209
2 4 x 2 m (1250 pies/ha)	625 (50%)	625	312 (50%)	313	78 (25%)	235

3	3 x 3 m (1111 pies/ha)	555 (50%)	555	277 (50%)	277	68 (25%)	209
4	4 x 3 m (833 pies/ha)	417 (50%)	417	104 (25%)	313	78 (25%)	235
5	4 x 4 m (625 pies/ha)	313 (50%)	313	156 (*) (50%)	156 (*)	<i>Cortas de mejora hasta entrada en regeneración</i>	
6	6 x 3 m (555 pies/ha)	278 (50%)	278	97 (33%)	185	<i>Cortas de mejora hasta entrada en regeneración</i>	
7	6 x 5 m (333 pies/ha)	166 (50%)	166	<i>No hay segunda clara</i>		<i>Cortas de mejora hasta entrada en regeneración</i>	
8	6 x 5 m (222 pinos/ha) (111 alcornoques/ha)	111 (50%)	111 pin. 111 alc.	55 pinos (50% pinos)	55 pinos 111 alcor.	<i>Cortas de mejora hasta entrada en regeneración</i>	
9	6 x 5 m (222 pinos/ha) (111 alcornoques/ha)	111 (50%)	111 pin. 111 alc.	55 alcorn. (50% alc.)	111 pinos 55 alcor.	<i>Cortas de mejora hasta entrada en regeneración</i>	

(*) La segunda clara puede repartirse en dos claras (segunda y tercera clara) del 25 %.

Las cifras expuestas en el esquema anterior son indicativas y admiten todas las variaciones que el selvicultor considere razonables y adecuadas a su situación concreta.

III.5. PODAS

En esta especie, se hacen básicamente dos tipos de poda, las podas de limpieza del fuste que pueden alcanzar una altura variable dependiendo de la zona y las podas de interior de la copa u “olivaciones”.

III.5.1. Poda de fuste

La poda de fuste es una operación consistente en la eliminación de las ramas bajas y secundarias del fuste, buscando conformar una copa con forma globosa y expansión horizontal. También permiten definir la altura de la copa sobre el suelo y, por tanto, la longitud del fuste podado, que será la zona del tronco con madera de mejor calidad. Esta costumbre viene de antiguo, como lo demuestra la afirmación hecha por D. Diego Pajarón, Ingeniero del Servicio Forestal de Sevilla, en el Congreso de Selvicultura celebrado en Roma en 1926: *“La única manera de constituir árboles elevados y de tronco regular que sean susceptibles de producir piezas maderables de grandes dimensiones es la poda, operación mediante la cual, al hallarse desembarazado el árbol de las ramas inferiores, queda favorecido su crecimiento en altura y diámetro. Con la aplicación de este método desaparecen algunas raíces laterales, quedando más regular la red de distribución de los jugos nutritivos y obteniéndose un mejor equilibrio entre la parte aérea y la parte radical”*.

Como puede comprobarse en la anterior cita las razones por las cuales se aplica este tipo de poda son cuestionables desde el punto de vista económico y selvícola. No obstante, cabe destacar que las podas de fuste son una herramienta eficaz de prevención frente a la posible propagación de incendios, al romperse la continuidad vertical entre el matorral y la copa de los árboles.

Las podas de fuste deben comenzar entre los 6 y 10 años de edad (Carvalho, 2000; Llensa, 1944; Sánchez Cózar, 1963a) con las llamadas “podas de realce” que afectan a 3-5 verticilos. El objetivo final de la poda de fuste es obtener un fuste limpio a lo largo de 5-10 m, en función de la altura total del árbol. Para ello se realizará una única poda (Yagüe Bosch, 1994b), o sucesivas podas, repetidas de forma periódica. No es recomendable realizar podas de fuste en masas con edad superior a 50 años, ni en pies con diámetro superior a 30 cm (Sánchez Cózar, 1963a).

En Huelva las podas de fuste se aplican hasta el final del turno, consiguiendo de 12 a 15 m de fuste limpio en las zonas de mejor calidad de estación. En estas zonas los árboles suelen ser podados hasta pocos años antes de alcanzar el turno de corta. Esta práctica se justifica por la costumbre que tienen los rematantes de cubicar como madera únicamente la parte del fuste que está podada, aunque la poda se haya realizado recientemente. Antiguamente, la poda de fuste se llevaba al extremo mondando la práctica totalidad del árbol en los pinares de Cuenca y Albacete (García Díaz, 1953). En el resto de España raramente se alcanzan estas alturas.

III.5.2. Poda de olivación

La poda de olivación es una operación que consiste en la eliminación de ramas secas y la limpia de ramas y ramillos improductivos en el interior de la copa. La finalidad de esta operación sería favorecer a los ramillos terminales, que son los portadores de flores femeninas, al eliminarles competencia. Sin embargo, no se conocen los efectos reales de la olivación sobre la producción de piña pues nunca se han hecho experiencias para comparar la producción entre árboles de similares características podados y no podados. La necesidad de esta experiencia o comparación se viene proponiendo desde principios del siglo XX (Medrano (1924) citado por Gordo 1999).

La poda de olivación favorece, además, el trabajo de recolección de piña, al limpiar la copa y facilitar el acceso de los piñeros a la misma. Una consecuencia práctica de esto es que en rodales bien olivados el precio pagado por la piña es más alto, al abaratarse la recolección manual. La poda de olivación se ha aplicado tradicionalmente en los pinares de la meseta norte castellana y en los pinares del Valle del Alberche y cabecera del río Tiétar.

Esta operación se suele realizar a la vez que la primera clara, estableciéndose una rotación de 10-15 años entre intervenciones (Yagüe Bosch, 1994b). Las olivaciones suelen realizarse hasta que los pies alcanzan 80 años, pudiendo espaciarse en el tiempo la intervención a medida que el árbol se va haciendo más viejo. El rendimiento medio de la operación de olivación se puede fijar (Yagüe Bosch, 1994b) en 30 jornales/ha, por lo que se debe considerar un tratamiento costoso, cuya aplicación debiera justificarse para cada caso concreto. Debe evitarse que las podas de olivación obedezcan más a motivos de tradición y empleo de mano de obra que a razones selvícolas o económicas.

III.5.3. Efectos de la poda en el crecimiento en altura y diámetro

Los árboles de pino piñonero que crecen aislados o en muy baja densidad desarrollan una potente ramificación lateral, tomando un porte redondeado en el que el crecimiento de las guías laterales es casi tan grande como el de la guía principal (Mutke, 2000; Prada *et al.*, 1997). Este hecho ha inducido a considerar que la poda de las ramas inferiores podría estimular el crecimiento de la guía principal y por consiguiente el

crecimiento en altura. En este apartado se aportan algunos datos que contribuyen a un mejor conocimiento de los efectos de la poda sobre el crecimiento de los árboles en los pinares del sur de Huelva.

En una experiencia realizada en el monte público Ordenados de Almonte (Montero *et al.*, 1999) se midió el efecto de la poda sobre el crecimiento en diámetro y en altura de los árboles. En esta experiencia 50 árboles fueron podados por el sistema tradicional de la zona, haciendo una primera poda a los 7 años y una segunda poda de los verticilos inferiores a los 10-11 años, dejando los 4-5 últimos verticilos, según el crecimiento de cada árbol. Los resultados se comparan con los obtenidos en otros 50 árboles que crecen en filas contiguas de una repoblación y los cuales no han sido nunca podados. Los datos que se presentan en la Tabla III.3 corresponden a 1998, cuando los árboles tenían 15 años.

Tabla III.3: Efecto de la poda en el crecimiento en altura y en diámetro en una repoblación de *Pinus pinea*

<i>Poda tradicional</i>	50	19,2	36,0	5,86	5,1
<i>No podados</i>	50	22,1	18,0	5,76	9,4

Como se aprecia en la tabla, los árboles podados según la costumbre tradicional de la zona tienen un diámetro inferior a los árboles no podados, lo que indica que la poda disminuye el crecimiento en diámetro. La influencia negativa de la poda sobre el crecimiento en diámetro es bien conocida para especies forestales (Smith y Hawley, 1986), en las que su aplicación se justifica por el mayor precio de los productos obtenidos al mejorar la calidad de la madera.

En lo referente al crecimiento en altura se confirma que la poda considerada como normal no incrementa, significativamente, el crecimiento en altura, aunque el valor de los fustes podados será mayor que el correspondiente a los árboles no podados, debido a la menor cantidad de nudos y a la menor conicidad de los fustes.

III.5.4. Efecto de la poda en la producción de piña

Durante el inventario de 192 parcelas instaladas en masas con diferentes clases de edad, calidad y densidad en los pinares del sur de Huelva, se calculó el porcentaje de fuste podado respecto a la altura total de todos los árboles. Basándose en el tanto por ciento de fuste podado se han definido tres tipos de poda:

- Poda débil: la altura de poda es menor al 40% de la altura del árbol.
- Poda moderada: la altura de poda oscila entre el 40% y el 65% de la altura total del árbol.
- Poda excesiva: la altura de poda es mayor del 65% de la altura total del árbol.

El análisis del conjunto de los datos indica que de la muestra total el 80 % presenta un tipo de poda moderada; el 15 % presenta un tipo de poda excesiva y el 5 % presenta un tipo de poda débil. La edad de la parcela se incluyó en el análisis como un factor

categorico, clasificándose en tres grupos de edad: menores de 40 años de edad, entre 40 y 80 años y mayores de 80 años.

La producción media de piña por hectárea, recolectada en las parcelas durante el periodo 1993-99, se presenta a continuación en la tabla III.4:

Tabla III.4: Número de parcelas y su producción de piña, según el tipo de poda y la edad, de un total de 180 parcelas planteadas en los pinares de *Pinus pinea* del sur de la provincia de Huelva.

<i>Débil</i>	8	33	1	116	0	-
<i>Moderada</i>	62	60	73	108	19	174
<i>Excesiva</i>	2	48	22	123	5	105

Hechas las observaciones anteriores no se encuentran evidencias claras de la influencia de la poda en la producción de piña. Se podría considerar, obviando el caso único de la parcela con poda débil y edad 40-80 años, que la poda moderada conduce a mejores producciones de piña, salvo en las edades intermedias, donde la producción es similar en las parcelas con podas moderadas y podas excesivas.

No obstante, hay que admitir que estos resultados no proceden de una experimentación rigurosa y directa. Dicha experimentación hubiera requerido aplicar diferentes intensidades de poda a árboles de iguales características, para posteriormente medir su producción de piña durante un número de años y conocer así la variación de la producción de piña como respuesta a cada una de las podas ensayadas.

III.6. FERTILIZACIÓN

Dada la baja fertilidad que en general tienen los suelos sobre los que se asientan las masas de piñonero, así como la escasez de precipitaciones en las zonas donde la especie vegeta, se ha planteado la posibilidad de mejorar las características de estación de las masas de piñonero mediante fertilización y riego. Para ello se han llevado a cabo experiencias con el objeto de determinar si existe incremento en la producción de piña debido a la aplicación de estos tratamientos, y si este incremento es lo suficientemente interesante como para poder constituir una práctica rentable.

A instancias de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía se planteó una experiencia para determinar la posible influencia de fertilización con superfosfato de cal, dolomita y cloruro potásico sobre la producción en 7 parcelas de 1 ha en el monte “Coto Mazagón”, en la costa onubense. En cada parcela se aplicó una dosis diferente (Tabla III.5), reservándose asimismo una parcela sin fertilizar como testigo. En estas parcelas se señalaron unos pies en los anualmente que se recogió la cantidad total de piña producida durante el periodo 1993-1999.

Tabla III.5: Fertilización (kg/ha) aplicada a cada una de las parcelas de un experimento de encalado en *P. pinea* en Huelva. Junta de Andalucía.

Superfosfato de cal al 18%	600	450	300	600	600	300	120
Dolomita	800	800	800	400	800	400	160
Cloruro potásico al 60%	250	250	250	250	125	125	125

* La fertilización se realizó en mayo de 1993. La parcela 6 fue fertilizada de nuevo en mayo de 1995 y la 7 en abril de 1994 y mayo de 1995

La variable de producción analizada fue el número de piñas por árbol. Tras utilizar técnicas de análisis de varianza con medidas repetidas se observa que durante los dos años siguientes a la fertilización no existen diferencias significativas en producción de piña entre los tratamientos. A partir del tercer año (1996) sí se detectan diferencias entre tratamientos, apareciendo incrementos significativos en producción de piña con respecto a la parcela testigo en las parcelas 1, 2, 3, 6 y 5. No se detectaron incrementos en producción de piña en las parcelas 4 y 7 (Tabla III.6).

Tabla III.6: Producción media (nº piñas/árbol) para los 8 tratamientos en el periodo 1996-1999. Entre paréntesis el valor mínimo y máximo de piñas por árbol observado en el tratamiento.

1996	16.6 (3-55)	12.9 (5-23)	13.3 (1-49)	5.8 (1-20)	15.8 (0-108)	8.1 (1-19)	3.7 (0-9)	8 (0-35)
1997	6.4 (0-19)	8.3 (2-15)	3.2 (0-8)	1.9 (0.5)	6.1 (0-33)	4.2 (1-10)	2.2 (0-10)	0.2 (0-2)
1998	2.7 (0-5)	2.2 (0-5)	0.8 (0-2)	0.8 (0-3)	1.5 (0-5)	0.6 (0-2)	1 (0-5)	0.1 (0-1)
1999	3.3 (0-9)	3.7 (0-10)	2.6 (0-8)	1-6 (0-4)	3.8 (0-19)	5.6 (0-20)	1.3 (0-5)	2.3 (0-17)

En Valladolid se ha planteado una experiencia de fertirrigación (Pestaña, 2000) sobre una masa adulta de pino piñonero, con aplicación conjunta de riego por aspersión fertilización N-P-K. Aunque se ha producido una notable mejora en el estado vegetativo de los árboles, no se ha determinado aún la posible influencia del tratamiento sobre la producción y la calidad de la piña.

III.7. RECOLECCIÓN DE PIÑA

Aunque no se puede considerar como un tratamiento cultural, incluimos como práctica a tratar la actividad de la recolección de piña. En la actualidad la recolección de piña en las masas forestales se puede realizar bien de forma manual, bien de forma mecanizada.

La recolección manual implica la ascensión del operario hasta la copa del árbol y el apeo de las piñas, una a una, valiéndose para ello de una vara de longitud variable (hasta 6-8 metros) terminada en un gorguz con gancho. Esta vara, junto a escaleras plegables

de aluminio y eslingas, es utilizada por los operarios para trepar al árbol y desplazarse por el interior de la copa. El rendimiento de la operación viene dado por el tamaño de los árboles, la densidad de la masa, la producción individual de cada árbol, el estado de limpieza de las copas... Un valor medio, obtenido por Herrero (2000) cifra en 110 árboles y 2500 piñas recolectadas el rendimiento diario de un piñero en un monte de características medias.

En la recolección manual deben evitarse aquellas prácticas que dañen a los conos de uno o dos años (perindolas y chotas) y a los ramillos terminales, inductores de flor femenina. Entre estas prácticas debe evitarse el vareo y el empleo de herramientas cortantes en la recolección de piña.

La recolección mecanizada por vibración permite aumentar los rendimientos en la cosecha, aunque presenta como inconvenientes el que el número de piñas dejadas en el árbol es mayor y la dificultad de acceso de la maquinaria en montes situados en áreas montañosas. Estas máquinas disponen de una pinza que permite agarrar el tronco y someterle a una fuerte vibración, que provoca la caída de la piña. Es importante controlar el daño producido a la cosecha de los años sucesivos, en forma de caída de conos de uno y dos años. Para ello se debe controlar el tiempo de vibración y el número de vibraciones a someter al árbol. Además se deben cumplir las normas generales de aplicación para maquinaria en los terrenos forestales.

La recolección de piña con el empleo de máquina vibradora parece que reduce significativamente el tiempo y coste de recolección respecto a la recogida manual (Peruzzi *et al.*, 1989), mientras que el número de piñas cosechadas se reduce en un 7% (Bernetti, 1995).

En cuanto al periodo de recolección, ésta no debe comenzarse antes del mes de noviembre, pues los piñones de las piñas recogidas antes no han terminado de formarse por completo, lo que deprecia notablemente su valor. El final de la temporada de recolección vendrá determinado por el inicio de la actividad vegetativa del árbol, al objeto de evitar daños en los brotes. Este proceso suele coincidir con el comienzo de la apertura y diseminación de las piñas a partir del principio de la primavera.

IV. CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN

IV.1. CURVAS DE CALIDAD

Hasta el momento se han desarrollado diferentes curvas de calidad de estación para esta especie (Cañadas, 2000; García Güemes, 1999; Piqué, 2003; Pita, 1966). Las curvas anteriores, excepto las desarrolladas por Pita, tienen un carácter regional. Las curvas para pino piñonero en España han sido construidas aplicando diferentes métodos tanto en la toma de datos y el tipo de datos utilizado como en el análisis estadístico posterior. Una consecuencia de ello es que, aunque la representación de estas curvas muestra claras diferencias, la falta de homogeneidad en estos análisis no permite determinar si las diferencias detectadas son debidas a diferentes patrones regionales de crecimiento, a la localización de la muestra o a la metodología empleada en la elaboración de las curvas.

Partiendo de esta idea, Calama *et al.* (2003) han demostrado que la evolución del crecimiento en altura dominante es la misma para una calidad dada, con independencia de la zona o región donde hayan crecido las masas de piñonero. Esto ha permitido desarrollar un modelo de crecimiento en altura dominante y unas curvas de calidad de estación para la especie con validez para toda España.

El modelo desarrollado es de tipo diferencial, por lo que no es necesario establecer una edad índice. Sin embargo y a efectos prácticos de representación, se establecen unas calidades que varían entre 9 y 21 metros de altura dominante a los 100 años (Figura IV.1).

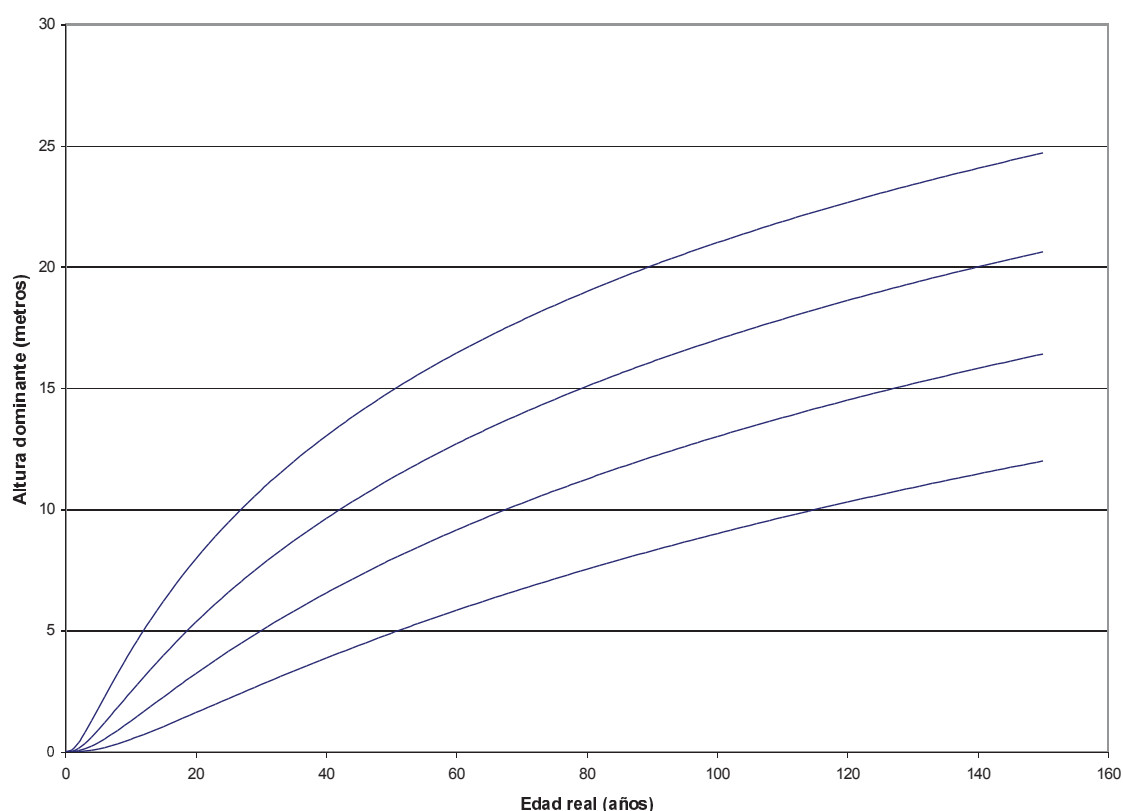


Fig. IV.1: Curvas de calidad para *Pinus pinea* L. con validez para toda España (Calama *et al.* 2003)

IV.2. CRECIMIENTO

Existe poca información sobre crecimientos para esta especie tanto en España como en otros países. En la bibliografía internacional se encuentran algunos datos de pinares de la región de la Toscana (centro de Italia) y la Lazio (costa centro-sur de Italia), así como referencias al crecimiento de la especie en Portugal, Francia, Túnez, Marruecos o Argentina, que se recogen en la Tabla IV.1. No obstante, al analizar estos datos hay que tener en cuenta que, en general, las masas de *Pinus pinea* presentan densidades bajas que hacen disminuir el crecimiento corriente por no alcanzar la espesura suficiente para optimizar la producción en madera

Tabla IV.1: Crecimiento corriente máximo (m³/ha año) para el *Pinus pinea* en calidades bajas, medias y altas encontrados en bibliografía.

AUTOR	Calidad baja	Calidad media	Calidad alta
Cantiani y Scotti (1988)	-	-	8,1
Baroni (1973). (Pinar de Cecina)	-	-	12
Ciasco (1969)	-	5,4	7,4
Rossore & Meschini (1960-69)	-	5,6	8,4
Francia (CEMAGREF 1987)	0,5	2	10
Portugal (Alcaçer do Sal) (Vacas 1989)	-	-	4
Marruecos (Sbay 1995)	-	-	7,5
Túnez (Khalidi 1995)	0,2	-	4
Argentina (Cozzo 1969)	-	-	17 – 21

La tabla anterior se compara con los resultados obtenidos a partir de los datos de crecimiento de las 470 parcelas temporales instaladas por el Departamento de Selvicultura del CIFOR-INIA en los años 90 en cuatro regiones españolas (Tabla IV.2). Las parcelas de cada región fueron clasificadas según su clase de edad y calidad estación. Para cada combinación región x clase de edad x calidad se calculó el valor medio del crecimiento corriente de los 5 últimos años obtenido en las parcelas. Posteriormente se definió el crecimiento corriente máximo como el máximo valor obtenido para cada combinación región x calidad de estación. En la tabla IV.1 se incluye, asimismo, el valor máximo de crecimiento corriente, por región y calidad, encontrado en las parcelas.

Tabla IV.2: Crecimiento corriente máximo (m³/ha.año) para pino piñonero, obtenido de los datos de las parcelas temporales INIA; entre paréntesis el crecimiento corriente máximo encontrado.

Localización	Calidad 9	Calidad 13	Calidad 17	Calidad 21
Madrid-Ávila	1,95 (4,35)	3,84 (8,10)	4,92 (9,96)	-
Huelva	1,21 (2,54)	2,51 (5,64)	3,60 (8,08)	8,16 (17,84)
Valladolid	1,77 (2,41)	2,63 (6,04)	4,35 (8,92)	5,86 (11,16)
Cataluña	1,90 (2,28)	3,31 (4,91)	4,63 (7,20)	6,11 (9,10)

Como se puede comprobar, los valores obtenidos en el análisis de las parcelas INIA (tabla IV.2), son similares a los encontrados en la bibliografía estudiada (tabla IV.1).

Aunque no existen valores experimentales, los mayores crecimientos para la especie en España se citan en Sierra Morena occidental (Prada *et al.*, 1997). En esta zona las precipitaciones son relativamente altas y las temperaturas suaves, no produciéndose ni parada estival (como en los pinares de la costa y llanura onubense) ni parada invernal (meseta norte).

IV.3. TURNO

La determinación del turno óptimo viene determinada por el objetivo preferente de la ordenación, así como por el estado sanitario de la masa y la calidad de estación. El turno de máxima renta en especie se alcanza tempranamente, en torno a los 35 años (Yagüe, 1995). Sánchez Cozar (1963b), para los montes de piñonero de Aznalcázar y Puebla del Río, con producción preferente de biomasa (leñas), propone turnos cercanos al de máxima renta en especie, en torno a 40-50 años. La utilización del turno de máxima renta en especie (producción de biomasa) no parece adecuada en las masas de piñonero, en las que debe siempre considerarse el máximo rendimiento de sus producciones a lo largo del turno, así como otras funciones protectoras, recreativas y paisajísticas.

Los turnos propuestos generalmente oscilan entre los 60-80 años y los 150 años:

- Para masas con producción preferente de madera, como puede ser el caso de los montes de la llanura onubense y gran parte de los pinares catalanes, los turnos aplicados oscilan entre los 60 y los 80 años. En estos montes el turno se suele alargar en los rodales de peor calidad, donde se tarda más tiempo en alcanzar diámetros de interés comercial.
- En masas con producción mixta de fruto y madera, los turnos propuestos oscilan entre los 80 y los 120 años. Aunque algunos autores (Castellani, 1989; García Güemes, 1999) opinan que la producción de piña alcanza su máximo en torno a los 60-80 años, la opinión generalizada es que se mantiene una tendencia creciente en la producción individual de piña, al menos hasta edades cercanas a los 150 años. Sin embargo la acción de *Phellinus pini* sobre los pinares adultos, provocando una merma considerable en el valor de la madera, obliga, en ocasiones, a aplicar turnos en torno a los 100 años.

García Güemes y Montero (1998) desarrollan un estudio que permite determinar el grado de afección de un rodal por *Phellinus pini* considerando su edad, altura dominante y área basimétrica, y demuestran que *Phellinus pini* afecta de forma más temprana a los rodales de peor calidad de estación y más tardía a los de mejor calidad. Esto puede orientar hacia la fijación de un turno variable de acuerdo a la calidad de estación. Este turno podría alcanzar los 120 años en los rodales de mejor calidad, mientras que podría descender hasta los 60 años en los de peor calidad. En rodales muy afectados por *Phellinus pini*, Baudín Sanchez (1963b) propone utilizar turnos de transformación en torno a los 50 años.

- En rodales eminentemente productores de piña, donde el valor de la producción maderera pueda considerarse secundario, se puede proponer el alargamiento del turno hasta los 150 años, o, al menos, hasta que se note una merma en la producción piñera. Este mismo criterio podría aplicarse a aquellas masas con objetivo preferente de protección y uso recreativo o paisajístico, al ser objetivos compatibles con la producción de piña (Yagüe, 1995).

IV.4. PRODUCCIÓN

IV.4.1. Producción de madera.

Tablas de producción de selvicultura variable observada.

Las tablas IV.3 a IV.5 presentan las tablas de producción de selvicultura observada obtenidas para tres tipos de gestión, definidos a partir del índice de densidad de rodal de Reineke. Estas tablas se han elaborado en el marco del desarrollo de ese compendio a

partir de los datos procedentes de las 470 parcelas de producción de *Pinus pinea* instaladas en diferentes regiones del estado español. Estas parcelas fueron clasificadas de acuerdo a su índice de Reineke en las siguientes categorías:

- Selvicultura moderada: $SDI > 500$ ($SDI > 40\%$ del SDI máx.). Se corresponden con masas en altas densidades, con objetivos prioritarios de protección y producción maderera en zonas de alta calidad.
- Selvicultura media: $250 < SDI < 500$ (SDI 20-40% del SDI máx.). Masas con densidad media, orientadas a una producción mixta de madera y piña.
- Selvicultura fuerte: $SDI < 250$ ($SDI < 20\%$ del SDI máx.). Masas con densidad baja, orientadas a producción preferente de piña, o masas situadas en zonas con importante presencia de ganado e interés por la producción pascícola.

Las categorías propuestas difieren notablemente de las fijadas como límites para diferenciar masas densas ($SDI > 65\%$ SDI máx.) de las masas con densidad óptima ($35\% < SDI < 60\%$) y de las masas con densidad defectiva ($SDI < 35\%$). En las masas de pino piñonero el factor principal que limita la ocupación del territorio por parte los árboles es la escasez de recursos hídricos más que la luz. Esto condiciona e impide el establecimiento de masas en espesura completa.

Para cada uno de los tipos de selvicultura observados se ha ajustado una serie de ecuaciones fundamentales que han permitido relacionar la edad y la altura dominante con la altura media, densidad, diámetro medio cuadrático y volumen. Estas tablas ofrecen una aproximación de las existencias y crecimientos para cada calidad de estación y edad de la masa en cada uno de los modelos de selvicultura observados.

El análisis de las tablas de producción nos permite detectar que no existe merma en el volumen total obtenido en las masas con altas densidades, que sí se detecta en las masas más aclaradas. Además, los valores de crecimiento corriente máximo obtenidos para estas masas en mayor densidad se corresponden con los valores máximos obtenidos, para cada una de las calidades, en las parcelas de estudio y en la bibliografía (ver apartado anterior). Estos factores nos indican que en las masas con $SDI < 40\%$ no se está aprovechando por completo la potencialidad productiva de la estación.

Sin embargo, estas masas sometidas a un régimen de selvicultura media o intensa, aún produciendo una menor cuantía total de volumen, concentran su producción en un número menor de individuos de mayor tamaño, obteniéndose productos maderables de mayor calidad y valor.

Tabla IV.3: Tabla de producción de madera y pñá para *Pinus pinea* L. Selvicultura intensa (SDI = 200)

CALIDAD 21					PRODUCCIÓN PIÑA								
		MASA PRINCIPAL			MASA TOTAL			MADRID-ÁVILA		HUELVA		VALLADOLID	
Edad	Ho	N	Dg	V	Vtotal	CM	CC	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha
20	7.95	299	19.8	34	34	1.72	1.72	0.616	184	0.116	35	0.488	146
30	10.79	212	24.5	51	58	1.92	2.33	1.178	250	0.202	43	0.918	195
40	13.03	161	29.1	65	81	2.02	2.30	2.001	321	0.318	51	1.537	247
50	14.88	127	33.7	78	103	2.05	2.19	3.111	396	0.465	59	2.363	300
60	16.44	104	38.1	89	123	2.06	2.08	4.526	472	0.641	67	3.406	355
70	17.79	88	42.4	98	143	2.04	1.93	6.264	550	0.848	75	4.674	411
80	18.98	76	46.6	107	161	2.01	1.82	8.334	630	1.084	82	6.174	467
90	20.05	66	50.6	115	178	1.97	1.68	10.748	710	1.349	89	7.911	523
100	21.00	59	54.6	122	195	1.95	1.69	13.512	791	1.642	96	9.887	579
110	21.87	52	58.5	129	210	1.91	1.53	16.632	873	1.963	103	12.106	635
120	22.66	47	62.2	135	224	1.87	1.46	20.112	955	2.312	110	14.568	691

CALIDAD 17					PRODUCCIÓN PIÑA								
		MASA PRINCIPAL			MASA TOTAL			MADRID-ÁVILA		HUELVA		VALLADOLID	
Edad	Ho	N	Dg	V	Vtotal	CM	CC	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha
20	5.34	366	17.4	22	22	1.10	1.10	0.421	154	0.083	30	0.337	123
30	7.68	270	21.1	34	38	1.28	1.63	0.748	202	0.136	37	0.590	159
40	9.62	207	24.8	46	55	1.38	1.70	1.231	255	0.209	43	0.958	199
50	11.27	165	28.6	56	72	1.45	1.70	1.890	313	0.303	50	1.454	241
60	12.70	136	32.3	66	89	1.48	1.67	2.743	373	0.417	57	2.090	284
70	13.95	114	36.0	74	105	1.50	1.62	3.804	435	0.552	63	2.875	329
80	15.07	98	39.6	82	120	1.50	1.52	5.086	499	0.709	70	3.816	374
90	16.08	85	43.1	90	135	1.50	1.49	6.600	564	0.887	76	4.919	420
100	17.00	75	46.6	96	149	1.49	1.41	8.355	631	1.086	82	6.189	467
110	17.84	67	50.0	103	163	1.48	1.34	10.359	698	1.307	88	7.632	514
120	18.61	61	53.4	108	176	1.47	1.32	12.618	766	1.548	94	9.249	562

CALIDAD 13					PRODUCCIÓN PIÑA								
		MASA PRINCIPAL			MASA TOTAL			MADRID-ÁVILA		HUELVA		VALLADOLID	
Edad	Ho	N	Dg	V	Vtotal	CM	CC	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha
20	3.22	439	15.6	13	13	0.64	0.64	0.297	131	0.062	27	0.240	105
30	4.99	343	18.1	21	23	0.77	1.03	0.474	163	0.092	32	0.378	130
40	6.55	272	20.9	29	34	0.86	1.14	0.735	200	0.134	37	0.579	158
50	7.92	221	23.9	37	46	0.93	1.19	1.091	241	0.189	42	0.852	188
60	9.15	183	26.8	45	58	0.97	1.21	1.557	285	0.256	47	1.204	221
70	10.25	155	29.8	52	70	1.01	1.20	2.143	332	0.337	52	1.643	254
80	11.25	133	32.8	59	82	1.03	1.19	2.859	380	0.432	57	2.177	289
90	12.16	116	35.7	65	94	1.04	1.16	3.715	430	0.541	63	2.810	325
100	13.00	102	38.6	71	105	1.05	1.14	4.720	482	0.665	68	3.547	362
110	13.78	91	41.5	77	116	1.06	1.09	5.879	534	0.803	73	4.394	399
120	14.50	82	44.4	82	127	1.06	1.06	7.201	588	0.956	78	5.355	437

CALIDAD 9					PRODUCCIÓN PIÑA								
		MASA PRINCIPAL			MASA TOTAL			MADRID-ÁVILA		HUELVA		VALLADOLID	
Edad	Ho	N	Dg	V	Vtotal	CM	CC	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha
20	1.61	513	14.1	6	6	0.31	0.31	0.221	114	0.048	25	0.180	92
30	2.77	433	15.7	11	12	0.39	0.56	0.306	132	0.063	27	0.246	107
40	3.87	362	17.6	16	18	0.46	0.64	0.429	155	0.085	31	0.343	124
50	4.89	304	19.6	22	25	0.51	0.71	0.598	182	0.113	34	0.474	144
60	5.83	257	21.7	27	33	0.55	0.75	0.818	211	0.147	38	0.643	165
70	6.71	221	23.9	32	41	0.58	0.79	1.095	242	0.189	42	0.854	189
80	7.53	191	26.1	37	49	0.61	0.80	1.436	275	0.239	46	1.113	213
90	8.29	167	28.4	42	57	0.63	0.81	1.847	309	0.297	50	1.422	238
100	9.00	148	30.6	47	65	0.65	0.80	2.334	345	0.363	54	1.786	264
110	9.67	132	32.9	51	73	0.66	0.81	2.903	383	0.438	58	2.209	291
120	10.30	118	35.2	55	81	0.67	0.79	3.557	421	0.521	62	2.693	319

Tabla IV.4. Tabla de producción de madera y piña para *Pinus pinea* L. Selvicultura media (SDI = 350)

CALIDAD 21					PRODUCCIÓN PIÑA								
		MASA PRINCIPAL			MASA TOTAL			MADRID-ÁVILA		HUELVA		VALLADOLID	
Edad	Ho	N	Dg	V	Vtotal	CM	CC	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha
20	7.95	558	19.0	58	58	2.92	2.92	0.431	240	0.072	40	0.326	182
30	10.79	396	23.5	85	97	3.24	3.86	0.824	326	0.125	50	0.613	243
40	13.03	300	28.0	109	135	3.38	3.80	1.398	419	0.197	59	1.026	307
50	14.88	237	32.3	129	171	3.43	3.62	2.172	516	0.288	68	1.576	374
60	16.44	195	36.6	147	206	3.43	3.43	3.160	616	0.398	78	2.272	442
70	17.79	164	40.7	163	238	3.40	3.23	4.372	717	0.526	86	3.117	511
80	18.98	141	44.7	177	268	3.35	3.02	5.817	821	0.673	95	4.117	581
90	20.05	123	48.6	190	297	3.30	2.86	7.500	926	0.837	103	5.274	651
100	21.00	109	52.4	202	324	3.24	2.67	9.428	1031	1.019	111	6.591	721
110	21.87	98	56.1	212	348	3.17	2.48	11.604	1137	1.218	119	8.069	791
120	22.66	89	59.8	222	372	3.10	2.34	14.031	1244	1.434	127	9.709	861

CALIDAD 17					PRODUCCIÓN PIÑA								
		MASA PRINCIPAL			MASA TOTAL			MADRID-ÁVILA		HUELVA		VALLADOLID	
Edad	Ho	N	Dg	V	Vtotal	CM	CC	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha
20	5.34	682	16.8	38	38	1.91	1.91	0.295	201	0.052	35	0.225	153
30	7.68	503	20.3	59	66	2.19	2.74	0.523	263	0.085	43	0.394	198
40	9.62	387	23.9	78	94	2.35	2.84	0.861	333	0.130	50	0.639	248
50	11.27	309	27.5	95	122	2.44	2.82	1.321	408	0.188	58	0.971	300
60	12.70	254	31.0	110	150	2.49	2.75	1.916	486	0.259	66	1.395	354
70	13.95	213	34.6	125	176	2.52	2.65	2.656	567	0.343	73	1.918	409
80	15.07	183	38.0	138	201	2.52	2.53	3.551	650	0.440	81	2.545	466
90	16.08	160	41.4	150	226	2.51	2.46	4.607	735	0.550	88	3.280	524
100	17.00	141	44.8	161	249	2.49	2.35	5.832	822	0.674	95	4.127	582
110	17.84	126	48.0	171	272	2.47	2.21	7.229	910	0.811	102	5.088	640
120	18.61	113	51.3	180	292	2.44	2.08	8.805	998	0.961	109	6.166	699

CALIDAD 13					PRODUCCIÓN PIÑA								
		MASA PRINCIPAL			MASA TOTAL			MADRID-ÁVILA		HUELVA		VALLADOLID	
Edad	Ho	N	Dg	V	Vtotal	CM	CC	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha
20	3.22	819	15.0	23	23	1.13	1.13	0.208	170	0.038	31	0.160	131
30	4.99	640	17.4	37	40	1.34	1.76	0.332	212	0.057	37	0.253	162
40	6.55	508	20.1	51	59	1.49	1.92	0.514	261	0.083	42	0.387	197
50	7.92	412	22.9	64	80	1.59	2.00	0.763	315	0.117	48	0.569	235
60	9.15	342	25.8	77	100	1.66	2.03	1.088	372	0.159	54	0.804	275
70	10.25	289	28.6	89	120	1.71	2.02	1.497	433	0.209	61	1.097	317
80	11.25	248	31.5	100	140	1.75	1.99	1.997	496	0.268	67	1.452	360
90	12.16	216	34.3	110	159	1.77	1.94	2.594	561	0.336	73	1.874	405
100	13.00	191	37.1	120	178	1.78	1.90	3.295	628	0.413	79	2.366	451
110	13.78	170	39.9	129	197	1.79	1.84	4.104	696	0.498	85	2.931	497
120	14.50	152	42.6	138	215	1.79	1.77	5.026	766	0.593	90	3.571	544

CALIDAD 9					PRODUCCIÓN PIÑA								
		MASA PRINCIPAL			MASA TOTAL			MADRID-ÁVILA		HUELVA		VALLADOLID	
Edad	Ho	N	Dg	V	Vtotal	CM	CC	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha
20	1.61	957	13.6	11	11	0.57	0.57	0.155	148	0.030	29	0.120	115
30	2.77	807	15.1	20	21	0.71	0.97	0.214	173	0.039	32	0.165	133
40	3.87	675	16.9	29	32	0.81	1.11	0.301	203	0.053	36	0.229	155
50	4.89	567	18.8	38	44	0.89	1.22	0.418	237	0.070	40	0.317	179
60	5.83	480	20.9	47	57	0.96	1.29	0.572	275	0.092	44	0.429	206
70	6.71	412	23.0	55	71	1.01	1.34	0.765	315	0.118	48	0.570	235
80	7.53	357	25.1	64	84	1.05	1.36	1.004	358	0.148	53	0.743	265
90	8.29	312	27.3	72	98	1.09	1.37	1.291	403	0.184	58	0.949	297
100	9.00	276	29.4	80	112	1.12	1.36	1.631	450	0.225	62	1.192	329
110	9.67	246	31.6	87	125	1.14	1.36	2.027	499	0.272	67	1.474	363
120	10.30	221	33.8	94	139	1.16	1.34	2.484	549	0.324	72	1.797	397

Tabla IV.5. Tabla de producción de madera y pña para *Pinus pinea* L. Selvicultura moderada (SDI = 700)

CALIDAD 21		MASA PRINCIPAL			MASA TOTAL			MADRID-ÁVILA		PRODUCCIÓN PIÑA		HUELVA		VALLADOLID	
Edad	Ho	N	Dg	V	Vtotal	CM	CC	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha
20	7.95	1197	18.2	118	118	5.90	5.90	0.281	337	0.040	48	0.201	240		
30	10.79	877	22.1	173	195	6.51	7.74	0.507	445	0.067	59	0.357	313		
40	13.03	678	25.9	221	270	6.76	7.52	0.827	560	0.102	69	0.574	389		
50	14.88	545	29.7	261	341	6.82	7.07	1.248	680	0.145	79	0.858	468		
60	16.44	452	33.3	296	407	6.79	6.60	1.777	804	0.197	89	1.211	548		
70	17.79	384	36.9	326	468	6.69	6.12	2.418	929	0.257	99	1.635	628		
80	18.98	333	40.4	352	525	6.56	5.64	3.174	1057	0.324	108	2.131	710		
90	20.05	293	43.7	375	577	6.42	5.26	4.048	1185	0.400	117	2.701	791		
100	21.00	261	47.0	396	626	6.26	4.90	5.042	1315	0.483	126	3.346	873		
110	21.87	235	50.2	414	672	6.11	4.56	6.158	1445	0.574	135	4.066	954		
120	22.66	213	53.3	430	715	5.96	4.33	7.396	1576	0.672	143	4.861	1035		

CALIDAD 17		MASA PRINCIPAL			MASA TOTAL			MADRID-ÁVILA		PRODUCCIÓN PIÑA		HUELVA		VALLADOLID	
Edad	Ho	N	Dg	V	Vtotal	CM	CC	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha
20	5.34	1433	16.3	76	76	3.80	3.80	0.200	287	0.030	43	0.144	207		
30	7.68	1091	19.3	118	131	4.35	5.47	0.335	366	0.047	51	0.238	260		
40	9.62	859	22.4	157	187	4.67	5.63	0.528	453	0.069	60	0.371	319		
50	11.27	697	25.5	191	242	4.85	5.55	0.784	546	0.098	68	0.545	380		
60	12.70	580	28.6	223	296	4.93	5.37	1.109	643	0.131	76	0.765	444		
70	13.95	493	31.6	250	347	4.96	5.12	1.508	744	0.171	84	1.032	509		
80	15.07	427	34.6	275	396	4.95	4.87	1.984	847	0.217	92	1.348	575		
90	16.08	374	37.5	298	442	4.91	4.58	2.541	952	0.268	100	1.716	643		
100	17.00	333	40.4	318	485	4.85	4.35	3.181	1058	0.325	108	2.136	710		
110	17.84	298	43.2	336	526	4.78	4.09	3.907	1166	0.388	116	2.610	779		
120	18.61	270	46.0	352	565	4.71	3.85	4.721	1275	0.457	123	3.138	847		

CALIDAD 13		MASA PRINCIPAL			MASA TOTAL			MADRID-ÁVILA		PRODUCCIÓN PIÑA		HUELVA		VALLADOLID	
Edad	Ho	N	Dg	V	Vtotal	CM	CC	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha
20	3.22	1686	14.7	44	44	2.21	2.21	0.147	248	0.023	39	0.107	180		
30	4.99	1355	16.8	73	79	2.63	3.48	0.222	301	0.033	45	0.160	217		
40	6.55	1101	19.2	101	117	2.92	3.79	0.329	363	0.046	51	0.234	258		
50	7.92	910	21.6	128	156	3.12	3.94	0.472	430	0.063	57	0.333	303		
60	9.15	766	24.0	154	196	3.27	3.97	0.655	502	0.084	64	0.458	351		
70	10.25	655	26.5	177	235	3.36	3.93	0.881	577	0.108	71	0.611	400		
80	11.25	568	28.9	199	274	3.42	3.84	1.153	655	0.136	77	0.795	452		
90	12.16	499	31.4	220	311	3.45	3.72	1.475	736	0.168	84	1.010	504		
100	13.00	443	33.8	238	347	3.47	3.59	1.849	819	0.204	90	1.259	557		
110	13.78	397	36.2	256	381	3.47	3.45	2.276	903	0.244	97	1.542	612		
120	14.50	358	38.5	271	414	3.45	3.30	2.761	990	0.288	103	1.860	667		

CALIDAD 9		MASA PRINCIPAL			MASA TOTAL			MADRID-ÁVILA		PRODUCCIÓN PIÑA		HUELVA		VALLADOLID	
Edad	Ho	N	Dg	V	Vtotal	CM	CC	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha	kg/ind	kg/ha
20	1.61	1930	13.5	22	22	1.08	1.08	0.114	220	0.019	36	0.083	161		
30	2.77	1663	14.8	39	41	1.35	1.89	0.151	251	0.024	39	0.110	182		
40	3.87	1420	16.3	56	62	1.56	2.17	0.204	289	0.031	43	0.147	208		
50	4.89	1214	18.0	74	86	1.72	2.38	0.274	332	0.039	48	0.196	238		
60	5.83	1046	19.8	92	111	1.85	2.52	0.363	380	0.050	53	0.258	270		
70	6.71	909	21.6	110	137	1.96	2.60	0.474	431	0.063	57	0.334	304		
80	7.53	797	23.4	127	164	2.05	2.64	0.608	484	0.078	62	0.426	339		
90	8.29	705	25.3	143	190	2.11	2.65	0.767	541	0.096	67	0.534	376		
100	9.00	628	27.2	159	216	2.16	2.63	0.954	599	0.115	73	0.661	415		
110	9.67	564	29.1	173	242	2.20	2.60	1.170	660	0.138	78	0.806	454		
120	10.30	510	30.9	187	268	2.23	2.56	1.416	722	0.162	83	0.970	495		

Existencias a nivel nacional

A partir de los datos del Segundo Inventario Forestal Nacional se presenta a continuación, tabla IV.6, un resumen de las existencias por clases diamétricas para *P. pinea* en España.

Tabla IV.6: Existencias de *Pinus pinea* por clases diamétricas para todo el territorio nacional. Datos del Segundo Inventario Forestal Nacional.

CD	Total pies (x 1000)	G m ²	VCC m ³	VSC m ³	IAVC m ³	IR (%)
5	43.808	-	-	-	-	-
10	29.236	231.797	758.508	459.407	77.455	10,2
15	23.771	417.902	1.471.789	944.087	99.468	6,8
20	17.196	533.790	2.071.494	1.416.027	104.688	5,1
25	11.361	549.905	2.344.185	1.674.032	98.013	4,2
30	6.866	478.060	2.200.932	1.619.370	78.721	3,6
35	3.759	355.580	1.730.800	1.296.461	53.588	3,1
40	1.836	226.722	1.146.763	871.087	31.929	2,8
45	791	124.474	653.461	502.227	15.970	2,4
50	379	73.642	399.508	311.132	8.703	2,2
55	184	43.565	224.958	177.337	4.496	2,0
60	101	28.232	154.280	123.391	2.889	1,9
65	45	14.841	77.058	62.205	1.355	1,8
70 y sup.	68	33.934	169.412	142.077	2.023	1,2
Total	139.400	3.112.444	13.403.148	9.598.840	579.298	-

IV.4.2. Producción de piña

El proceso de floración y fructificación en los pinares de piñonero es largo (tres años). Además del propio componente genético del árbol, se considera que numerosos factores exógenos influyen en el proceso. Entre estos, los más citados son la densidad de la masa (Cañadas, 2000; Mutke *et al.*, 2000b), la edad y la calidad de estación (García Güemes, 1999), dimensiones del árbol individual, tales como el diámetro medio y el diámetro de copa, la competencia entre individuos (Cañadas, 2000), y factores propios de la estación, tales como el tipo de suelo, la precipitación de primavera (Cappelli, 1958), la integral térmica (Mutke, 2000) o la propia zona geográfica (Montero *et al.*, 2000a).

Junto a la gran variabilidad en producción existente entre individuos aparentemente similares, se detecta una gran variabilidad en la producción, para un mismo individuo, entre diferentes años, fenómeno conocido como vecería. La experiencia asigna un ciclo productivo comprendido entre 5 y 10 años, alternando cosechas que duplican y triplican la media con años en los que la producción es prácticamente nula. Todos estos factores han dificultado el desarrollo de tablas y modelos que permitan estimar con precisión la producción de piña para un área determinada.

En las tablas de producción presentadas (Tablas IV.3 A IV.5) se incluye una aproximación a la producción media de piña, tanto en peso medio (kg) por individuo como en peso total por hectárea (kg/ha). El valor se ha obtenido analizando la correlación entre estas variables de producción y diferentes variables de masa. Las mejores correlaciones se obtuvieron entre la producción individual de piña y los valores de la inversa de la densidad y del diámetro medio cuadrático, desarrollándose modelos productivos mediante regresión lineal. El valor de la producción por hectárea se ha obtenido multiplicando la producción individual por la densidad propuesta. Al detectarse diferencias significativas entre los valores obtenidos para las diferentes regiones analizadas se proponen distintos valores para cada una de las regiones, excepto para Cataluña, donde la escasez de datos conduce a estimaciones no significativas.

Los resultados obtenidos concuerdan con los obtenidos por Mutke *et al.* (2000b), donde se considera la sección normal (variable relacionada de forma directa con el diámetro) y el espacio vital, (número de m² ocupados por cada pie = 10000 / densidad) como las variables que mejor explican la producción individual para un monte en la provincia de Valladolid.

En las tablas anteriores se comprueba como, para una clase de edad y una calidad determinada, no existe gran variabilidad en cuanto a la producción total por ha para las diferentes propuestas de selvicultura definidas. Sin embargo, la producción individual de piña en los pies de rodales con alta densidad de arbolado es muy inferior a la de los rodales menos densos, aunque la producción total sea similar. Esta situación se produce desde las clases de edades juveniles. Estos resultados son muy importantes, porque el hecho de que la producción se concentre en pocos pies significa menor coste, mayor rentabilidad y mayor rendimiento en cuanto a recolección de fruto.

En cuanto a la evolución de la producción con la edad, presenta una tendencia creciente, lo que nos induce a pensar que la reducción en la producción de piña en masas adultas, si es que existe, se retrasa hasta edades por encima de los 120-140 años, especialmente en las estaciones más favorables.

En la comparación de la producción entre regiones podemos comprobar como los pinares de Huelva, con una selvicultura tradicionalmente orientada hacia densidades elevadas para favorecer la producción de madera, unas podas intensivas de limpieza de fuste, y un alto porcentaje de pérdidas de conos durante el primer verano tras la floración (Montero *et al.*, 2000c); proporcionan los valores más bajos. Por el contrario, los pinares de Valladolid y del Sistema Central, con una gestión orientada desde antiguo a la obtención de ambas producciones presentan valores sensiblemente más altos.

Producción de piña en parcelas de pino injertadas

La posibilidad de injertar el pino piñonero, tanto sobre patrón de su propia especie como sobre patrones de *Pinus halepensis*, permite la entrada en producción temprana de los árboles, así como una disminución en los gastos de explotación, al no tener que recoger el fruto en árboles altos.

En España, la utilización agronómica del pino piñonero se viene ensayando desde los años 60. Los primeros trabajos desarrollados (Balguerías, 1971; Baudín, 1967) se centraban en la técnica de propagación e injerto. Desde entonces se han hecho pequeñas plantaciones experimentales en nuestro país, pero pocas veces se ha hecho un

seguimiento continuado de la producción de piña, motivo por el cual es difícil encontrar información sobre producción de piña transcurridos 10-15 años desde la realización de los injertos. Recientemente se han desarrollado bastantes trabajos orientados a determinar la producción de piña y la rentabilidad financiera de plantaciones injertadas de alta productividad y huertos semilleros (Abellanas *et al.*, 2000; Catalán, 1990; Mutke *et al.*, 2000a; Sada *et al.*, 2000; Mutke *et al.*, 2003).

Basándonos en los datos de producción de las plantaciones injertadas en el monte “Tudia y sus Faldas” (Badajoz) y en Pezuela (Madrid) se ha elaborado la tabla IV.7

Tabla IV.7: Producción media de piña (kg/ha) referidas a plantaciones con 250-280 pinos por hectárea, en función de la edad.

Años transcurridos desde el injerto	kg piña/ha	Años transcurridos desde el injerto	kg piña/ha
1	0	11	1170
2	0	12	1280
3	60	13	1340
4	85	14	1095 ¹
5	225	15	1043 ¹
6	280	16	975 ¹
7	360	17	<i>Sin datos</i>
8	380	18	<i>Sin datos</i>
9	450	...	<i>Sin datos</i>
10	930	Turno	<i>Sin datos</i>

⁽¹⁾ Datos de la finca situada en Pezuela (Madrid)

IV.5. MODELOS DE CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN

El desarrollo de modelos de crecimiento y producción para la especie es muy reciente. En la actualidad existen diferentes modelos desarrollados para la especie en España, todos de aplicación a masas regulares, y con rango de validez geográfica regional o interregional.

IV.5.1. Modelos de producción de madera

Andalucía Occidental (Montero et al., 2000b):

Se dispone de unas tablas de selvicultura de referencia para la producción de madera y piña en cuatro áreas diferentes dentro de la región. Para cada una de estas zonas se han desarrollado tres tablas, correspondiendo a tres niveles de densidad (alta, media y baja). Con posterioridad, los autores construyen, tomando como base los datos empleados anteriormente, una tabla de producción de selvicultura de referencia para toda la región, con tres niveles de densidad, incluyendo el factor calidad de estación con cinco diferentes niveles.

Meseta Norte (García Güemes, 1999)

El autor desarrolla un modelo de simulación selvícola para las masas regulares de *Pinus pinea* en la provincia de Valladolid. El modelo propuesto puede considerarse de tipo rodal o masa, ya que utiliza como variables explicativas variables de interés a nivel de rodal, como la altura dominante, la edad de la masa, la densidad de la masa y el diámetro medio cuadrático.

A partir de estas variables, el modelo permite predecir en el tiempo el valor de otras variables de masa, tales como el índice de calidad de estación, la distribución diamétrica de la masas y el volumen en pie. Asimismo, el modelo permite determinar variables del tipo árbol individual, como la altura de los pies del rodal, si se dispone de mediciones individuales de los diámetros. La simulación de la evolución de la masa en el tiempo viene determinada por las funciones de paso que relacionan el diámetro medio cuadrático y la distribución diamétrica de la masa con la altura dominante (función de la edad) y con la densidad (variable con la edad y/o actuaciones selvícolas).

El trabajo se completa con una función discriminante para predecir la probabilidad de ataque de *Phellinus pini* y el nivel de pudrición de la madera a partir de determinadas variables de la masa.

El modelo de simulación selvícola ha sido implementado en una aplicación informática, el programa PINEA, programada bajo lenguaje Visual Basic.

Sistema Central (Cañadas, 2000)

En este trabajo se desarrolla un modelo de crecimiento y producción de madera y piña tipo árbol individual independiente de la distancia. Aunque el modelo se construye originariamente para masas regulares, alguno de los submodelos desarrollados (como el de diámetro-altura) han demostrado su validez al ser aplicados en parcelas semirregulares o irregulares.

Las entrada del modelo requiere de la medición de variables tanto del tipo árbol individual (diámetro del árbol) como de la masa (altura dominante, factor de competencia de copas, densidad...). A partir de estos datos, el modelo permite simular para un instante determinado, variables de árbol individual, tales como la altura del árbol, volumen individual y dimensiones de copa (diámetro de copa y altura hasta la base de la copa).

El modelo permite simular la evolución en el tiempo del árbol a partir de dos ecuaciones de paso: la función continua de crecimiento en altura dominante (que además proporciona unas curvas de calidad de estación) y una función de incremento del diámetro normal de cada árbol. En esta función de incremento se incluyen, entre otras variables, índices de competencia indicadores del estatus del árbol dentro de la masa. A partir de los datos medidos o estimados para el instante t , y de las dos ecuaciones de paso, el modelo estima el valor de la altura dominante de la masa y del diámetro individual de cada árbol para el instante $t+1$, pudiendo determinarse a partir de aquí el resto de variables propias del árbol para ese instante. El modelo permite simular la influencia de la mortalidad natural o de intervenciones selvícolas, haciendo variar la densidad entre dos instantes cualesquiera.

El modelo completo ha sido implementado en la herramienta informática de simulación CAPSIS© (Dreyfus y [Bonnet, 1995](#)).

Cataluña (Piqué, 2003)

El trabajo presenta unas tablas de producción de selvicultura observada y selvicultura de referencia, definidas para masas aclaradas y masas densas, que permiten estimar la producción de madera en los pinares de Cataluña. En el ajuste de las relaciones fundamentales se utilizan técnicas de ajuste simultáneo, lo que permite

realizar una estimación eficiente de parámetros, aunque las variables estén altamente relacionadas entre sí. Las tablas de producción desarrolladas incluyen un modelo de distribución diamétrica basado en la función Weibull. Este modelo permite desagregar los valores medios por hectárea según clases diamétricas, y simular la evolución de la distribución diamétrica del rodal en el tiempo, de manera similar al modelo propuesto por García Güemes (1999). Las tablas se complementan con un modelo de producción de piña a nivel de árbol individual, que se aplica sobre el valor medio de la clase diamétrica, permitiendo inferir entonces las producciones medias por hectárea.

Modelo Interregional de Selvicultura (Calama, 2004)

Al aplicar los modelos anteriores sobre una base de datos homogénea, se comprueba que los resultados obtenidos difieren notablemente entre sí. Esta variabilidad puede tener origen en diferencias regionales en los patrones de crecimiento y producción de los árboles, o en las distintas metodologías empleadas en la construcción de los modelos. Al objeto de estudiar la posible fuente de variación, el autor propone desarrollar un modelo de árbol individual, similar en estructura al propuesto por Cañadas (2000), en el que se analiza el nivel de diferencia entre las cuatro regiones antes estudiadas (Cataluña, Sistema Central, Meseta Norte, Andalucía Occidental), detectando muy pequeñas diferencias regionales en las ecuaciones asociadas al crecimiento y producción de madera (Calama et al. 2003; Calama y Montero 2004, Calama y Montero, 2005a), lo que permite plantear un único modelo interregional. Sí se detectan importantes diferencias regionales (e incluso, intrarregionales) en la producción individual de piña. Una ventaja del modelo desarrollado, además de su validez interregional, radica en el hecho de que incluye en su formulación componentes aleatorios, lo que permite la calibración del mismo para nuevas localizaciones, o incluso, para estructuras de tipo irregular (Calama et al. 2005). El modelo incluye, además, una función de perfil para la especie, lo que facilita la clasificación de volúmenes maderables de acuerdo a su utilización final (Calama y Montero, 2006).

IV.5.2. Modelos de producción de piña

Los primeros trabajos referentes a la producción de piña desarrollados en España reflejan los datos de producción obtenidos para una región y un tipo de selvicultura desde un punto de vista descriptivo, sin desarrollar expresiones matemáticas que relacionen la producción con otras variables (Gallardo, 1978; García Güemes *et al.*, 1997; Ximénez de Embún, 1959; Yagüe Bosch, 1994a; Yagüe, 1993).

Los modelos de crecimiento y producción de madera citados en el apartado anterior incluyen estimaciones y funciones de producción orientadas a predecir el valor medio de la producción durante un ciclo productivo de piña. Montero *et al.* (2000b) relacionan la producción de piña por ha con la edad de la masa y la densidad, para distintas comarcas de Huelva, incluyendo los valores obtenidos en las tablas de producción de selvicultura de referencia desarrolladas. García Güemes (1999) desarrolla distintas funciones que relacionan la producción por ha con distintas variables de masa (densidad, edad, área basimétrica) para las masas situadas en calidades de estación intermedias. En cuanto a los modelos de árbol individual, aunque presentan diferencias en las variables utilizadas, tanto Cañadas (2000), Piqué (2003) y Calama (2004) incluyen como predictoras variables de dimensión del árbol individual (diámetro normal o sección); calidad de estación (altura dominante o índice de sitio); densidad de masa (pies/ha o diámetro medio cuadrático) e índices de competencia independientes de la distancia, desarrollando modelos lineales sobre la variable transformada logaritmo de la producción individual media en peso. La consideración de estas variables coincide con

lo propuesto por Gordo *et al.* (2001), que presentan un modelo de árbol individual, relacionando la producción media anual de piñón con el espacio vital y la sección normal o la proyección de copa. El modelo desarrollado por los autores se utiliza como herramienta en la selección de árboles plus.

Aparte de los modelos citados, Nanos *et al.* (2003) han desarrollado una aproximación geoestadística al problema, analizando la correlación espacial de la producción media de piña por ha para los montes públicos del SE de Valladolid, y construyendo mapas de probabilidad para la producción media de piña en los citados montes.

En cualquier caso, de los trabajos sobre producción de piña desarrollados hasta el momento, únicamente Gordo *et al.* (2000), con datos de producción de 35 cosechas en los montes de Valladolid, incluyen el efecto de la variabilidad interanual, modelizando la distribución de la producción en el tiempo mediante una función Weibull, lo que permite definir el periodo de retorno para una cosecha dada.

V. BIBLIOGRAFÍA

- ABELLANAS B., BUTLER I., MONTEAGUDO F.J., 2000. Estudio de la rentabilidad económica de una parcela de injertos de pino piñonero a los 9 años de su instalación. I Simposio del Pino piñonero (*Pinus pinea* L.), Valladolid, pp. 101-110.
- ALLUÉ J.L., 1990. Atlas fitoclimático de España. I.N.I.A., Madrid, 221pp.
- BALGUERÍAS E., 1971. Injerto en pinos. Comunicación I.F.I.E. 91, 33 pp.
- BAUDÍN F., 1967. Mejoras del pino piñonero en Valladolid. Montes 23, 215-219.
- BAUDÍN F., 1963a. Ordenación y selvicultura intensiva en los montes de *P. pinea* su financiación. Montes 34, 241-244.
- BAUDÍN F., 1963b. Transformación de las masas de *Pinus pinea* atacados por el *Trametes pini*. Montes 12, 112-114.
- BAUDÍN F., 1966. Ordenación y Selvicultura intensiva de los montes de *Pinus pinea* L. en Valladolid. VI Congreso Forestal Mundial, Madrid, pp. 2442-2446
- BERNETTI G. 1995. Selvicoltura speciale. U.T.E.T., Torino, 415 pp.
- BLANCO E., CASADO M.A., COSTA M., ESCRIBANO R., GARCÍA M., GÉNOVA M., GÓMEZ M., GÓMEZ F., MORENO J.C., MORLA C., REGATO P., SAINZ H., 1997. Los bosques ibéricos. Editorial Planeta, Barcelona, 572 pp.
- BORRERO, G., MONTERO G., CANDELA J.A., RODRÍGUEZ, A. (coord.). 2003. El Pino piñonero en Andalucía. Ecología, distribución y selvicultores. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. 261 pp.
- BOUDROU M., 1989. Forêt et Sylviculture: Traitement des forêts. Les presses agronomiques de Gembloux, Gembloux, 356 pp.
- BRIONGOS J.M., DEL CERRO A., LÓPEZ SERRANO F.R., ANDRÉS M., MOROTE F.A., 2000. Los montes del catálogo de U.P. en la comarca de la Mancha: Resumen histórico y situación actual. I Simposio del Pino piñonero (*Pinus pinea* L.), Valladolid. Vol 2, pp. 373-382.
- CADAHIA D., REBOLLO ABEJÓN M., 1963. Ordenación y selvicultura intensiva en los montes de *P. pinea*: su financiación. Montes 47, 312-318.

-
- CALAMA R., CAÑADAS N., MONTERO G., 2003. Inter-regional variability in site index models for even-aged stands of stone pine (*Pinus pinea* L.) in Spain. *An. For. Sci.* 60 (3), 259-269.
- CALAMA R., 2004. Modelo Interregional de Selvicultura para *Pinus pinea* L. Aproximación mediante funciones con componentes aleatorios. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- CALAMA R., MONTERO G. 2004. Interregional non linear height diameter model with random coefficients for stone pine in Spain. *Can. J. For. Res.* 34, 150-163
- CALAMA R., MONTERO G. 2005a. Multilevel linear mixed model for tree diameter increment in stone pine (*Pinus pinea*): a calibrating approach. *Silva Fennica* 39 (1), 37-54.
- CALAMA R., MONTERO G. 2006. Stand and tree level variability on stem form and tree volume in *Pinus pinea* L: a multilevel random components approach. *Invest. Agr Sist. Rec. For.* 15(1).
- CALAMA R., FINAT L., GORDO F.J., BACHILLER A., RUIZ-PEINADO R., MONTERO, G. 2005 Estudio comparativo de la producción de madera y piña en masas regulares e irregulares de *Pinus pinea* en la provincia de Valladolid. *Actas IV Congreso Forestal Español*. SECF. Zaragoza.
- CANTIANI M.G., SCOTTI R., 1988. Le fustaie coetanee di pino domestico del litorale tirrenico: studi sulla dinamica di acrescimento in funzione di alcune ipotesi selvicolturali alternative. *Annali dell Istituto Esperimentale per l'assessamento forestale e per l'apicoltura* 11, 1-54.
- CAÑADAS M.N., 2000. *Pinus pinea* L. en el Sistema Central (valles del Tiétar y del Alberche): desarrollo de un modelo de crecimiento y producción de piña. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- CAPPELLI M., 1958. Note preliminari sulla produzione individuale de stroboli in *Pinus pinea* L. *L'Italia Forestale e Montana* 13 (5), 181-203.
- CARVALHO M.A.V., 2000. Silvicultura do pinheiro manso. I Simposio del Pino piñonero (*Pinus pinea* L.), Valladolid, pp. 169-176.
- CASTELLANI C., 1989. La produzione legnosa e del fruto e la durata economico delle pinete coetanee di pino domestico (*Pinus pinea* L.) in un complesso assestato a prevalente funzione produttiva in Italia. *Annali I.S.A.F.A.* 12, 161-221.
- CATALÁN G. 1990. Plantaciones de *Pinus pinea* en zonas calizas para producción precoz de piñón. *Ecología* 4, 105-120.
- C.E.M.A.G.R.E.F., 1987. Le pin pignon. C.E.M.A.G.R.E.F., 4 pp.
- COZZO D., 1969. Noticia sobre el crecimiento de *Pinus pinea* en la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Forestal Argentina* 4, 119-124.
- CUTINI A., 1986. Analisi della struttura de la Pineta Granducale di Alberese. Tesis Doctoral. Università di Firenze, Firenze.
- DI TELLA G., 1946. Tavola cormometrica del pino domestico della foresta demaniale di Cecina. *Italia Forestale e Montana* 1 (4), 156-157.
- DREYFUS P., BONNET F.R., 1995. CAPSIS: logiciel de simulation de conduites sylvicoles. *Revue forestière française* 47, 111-115.
- FINAT L., CAMPANA V., SESEÑA A., 2000. La Ordenación por entresaca en las masas de piñonero de la provincia de Valladolid. I Simposio del pino piñonero (*Pinus pinea* L.), Valladolid, pp. 147-158.

- GALLARDO J., 1978. El fruto de *Pinus pinea* en la provincia de Cádiz (España). VIII Congreso Forestal Mundial, Jakarta (Indonesia). Memoria Gral nº 9, 7 pp.
- GALLARDO MARTÍN J., GALLARDO DE PRADO J., 1998. La selvicultura en los pinares regulares de *Pinus pinea*. Actas de la II Reunión del Grupo de trabajo de Ordenación de Montes. Cuadernos SECF nº 6, pp 87-91.
- GARCÍA DÍAZ E., 1953. El pino piñonero en la provincia de Cuenca. Revista de Montes 9, 221-223.
- GARCÍA GÜEMES C., 1999. Modelo de simulación selvícola para *Pinus pinea* L. en la provincia de Valladolid. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- GARCÍA GÜEMES C., CAÑADAS N., ZULOAGA F., GUERRERO M., MONTERO G., 1997. Producción de piña de *Pinus pinea* L. en los montes de la provincia de Valladolid en la campaña 1996-1997. II Congreso Forestal Español Irati 97, Pamplona. Mesa IV, pp.273-278.
- GARCÍA GUËMES C., MONTERO G., 1998. Influencia de ciertas variables selvícolas en la producción provocada por *Phellinus pini* sobre *Pinus pinea*. Invest. Agr.: Sist. Rec. For. 7 (1-2), 203-217.
- GORDO F.J., 1999. Ordenación y selvicultura de *Pinus pinea* L. en la provincia de Valladolid. En: 150 años de aportaciones de los Ingenieros de Montes. MADRIGAL A., ed. Fundación Conde del Valle de Salazar, Madrid, pp. 79-105.
- GORDO F.J., MUTKE S., GIL L., 2000. La producción de piña de *Pinus pinea* L. en los montes públicos de Valladolid. I Simposio sobre el pino piñonero (*Pinus pinea* L.), Valladolid, pp. 269-277.
- GORDO F.J., FINAT L., HERNÁNDEZ J.A., 2002. Ordenación y mejora de la cubierta arbórea en montes de UP asentados sobre depósitos arenosos cuaternarios en la Comunidad de Villa y Tierra de Portillo (Valladolid). Montes 67, 92-103.
- GORDO F.J., MUTKE S., GIL L., 2001. Modelo individual de producción de piñón de *Pinus pinea* L. como criterio de selección fenotípica. III Congreso Forestal Español, Granada. Mesa 3, pp. 172-178.
- HERRERO J., 2000. La recogida de piña en la meseta norte. I Simposio del Pino piñonero (*Pinus pinea* L.), Valladolid, pp. 259-268.
- KHALDI A., 1995. Le pin pignon en Tunisie. En: El pino piñonero como árbol productor de frutos secos en los países mediterráneos. F.A.O. - I.N.I.A., Madrid, pp.59-68.
- LA MARCA O., 1989. La pineta della "Duna Feniglia". Celulosa E Carta 2, 37-47.
- LAGUNA M., 1864. Memoria de reconocimiento de la Sierra de Guadarrama bajo el punto de vista de la repoblación de sus montes. Imprenta Nacional, Madrid, 47 pp.
- LAGUNA M., 1878. Flora Forestal Española. *Pinus pinea* L. Revista de Montes 44, 513 -527.
- LLENSA S., 1944. La operación de la poda en el pino piñonero (*Pinus pinea* L.): fundamentos técnicos que la justifican y realización práctica e la misma. Anales de la Escuela de Peritos Agrícolas y Superior de Agricultura 4, 331-340.
- MADRIGAL A., 1994. Ordenación de Montes Arbolados. I.C.O.N.A., Madrid, 375 pp.
- MAGINI E., 1955. Sulle condizioni di germinazioni del pino d'Aleppo e del pino domestico. Italia Forestale e Montana 3, 106 - 124.
- MASETTI C., MENCUCCINI M., 1991. Régénération naturelle du pin pignon (*Pinus pinea* L.) dans la Pineta Granducale di Alberese (Parco Naturale della Maremma, Toscana, Italie). Ecologia Mediterranea 17, 103-118.

- MERCURIO R., 1989. Notes sur la sylviculture du pin pignon (*Pinus pinea* L.) en Italie. Reunión sobre selvicultura, mejora y producción de *Pinus pinea*. INIA-CEE. Madrid..
- MONTERO G., CANDELA J.A., 1998. Manual de claras para repoblaciones de *Pinus pinea* L. EGMASA, Huelva, 47pp.
- MONTERO G., CANDELA J.A., PAVÓN J., GUTIÉRREZ M., 1999. Primeros resultados de una experiencia de poda en plantaciones de *Pinus pinea* L. Montes 55, 52 -56.
- MONTERO G., CANDELA J.A., RUÍZ-PEINADO R., GUTIÉRREZ M.F., PAVÓN J., BACHILLER A., ORTEGA C., CAÑELLAS I., 2000a. Density influence in cone and wood production in *Pinus pinea* L. forests in the south of Huelva province. En: Mediterranean silviculture with emphasis in *Quercus suber*, *Pinus pinea* and *Eucalyptus* sp., I.U.F.R.O. WORKING GROUP 1.05.14. C.I.F.O.R.-I.N.I.A., Sevilla, pp.129-142.
- MONTERO G., CANDELA J.A., RUÍZ-PEINADO R., GUTIÉRREZ M.F., PAVÓN J., BACHILLER A., ORTEGA C., CAÑELLAS I., 2000b. Influencia de la densidad en la producción de piña y madera en masas de *Pinus pinea* L. del sur de la provincia de Huelva. I Simposio del Pino piñonero (*Pinus pinea* L.), Valladolid. Vol 1, pp.75-82.
- MONTERO G., CANDELA J.A., RUÍZ-PEINADO R., GUTIÉRREZ M.F., PAVÓN J., BACHILLER A., ORTEGA C., CAÑELLAS I., 2000c. Age and density influence in flowering and kernel quality in *Pinus pinea* L. forests in the south of Huelva. En: Mediterranean silviculture with emphasis in *Quercus suber*, *Pinus pinea* and *Eucalyptus* sp., I.U.F.R.O. WORKING GROUP 1.05.14. C.I.F.O.R.-I.N.I.A., Sevilla, pp 111-128.
- MONTERO G., CAÑADAS N., YAGÜE S., BACHILLER A., CALAMA R., GARRIGA E., CAÑELLAS I., 2003. Aportaciones al conocimiento de las masas de *Pinus pinea* L. en los montes de Hoyo de Pinares (Ávila - España). Montes 73, 30-40.. En prensa.
- MONTERO G., YAGÜE S., 1994. Ordenación de los pinares de pino piñonero (*Pinus pinea* L.). En: Ordenación de montes arbolados. MADRIGAL A., M.A.P.A.- I.C.O.N.A., Madrid, pp. 287-298.
- MONTOYA J.M., 1990. El pino piñonero. Mundiprensa, Madrid, 98 pp.
- MUTKE S., 2000. Fenología de *Pinus pinea* L. en un banco clonal (Valladolid). Trabajo Fin de Carrera. Universidad de Valladolid, Palencia.
- MUTKE S., DÍAZ BALTEIRO L., GORDO F.J., 2000. Análisis comparativo de la rentabilidad comercial privada de plantaciones de *Pinus pinea* L. en tierras agrarias de la provincia de Valladolid. Invest. Agr.:Sist.Rec.For. 9 (2), 270-303.
- MUTKE S., GORDO F.J., GIL L., 2000. Selección de individuos de *Pinus pinea* L. grandes productores de fruto en las masas de la Meseta Norte. I Simposio del Pino piñonero (*Pinus pinea* L.), Valladolid. Vol 2, pp 85-94.
- 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. Invest. Agr Sist. Rec. For.12 (1), 149-157
- NANOS N., CALAMA R., CAÑADAS N., GARCÍA C., MONTERO G., 2003. Spatial stochastic modelling for cone production from stone pine (*Pinus pinea* L.) stands in Spanish Northern Plateau. En: Amaro, A., Reed, D., Soares, P. (eds.). Modelling Forest Systems, CABI Publishing, Wallingford, pp. 131-141
- OLAZÁBAL D., 1917. Datos sobre el problema silvopastoral en España. Montes 41.
- PARDOS CARRIÓN J.A., ABELLANAS B., 1988. El pino piñonero: especie forestal de interes frutícola. FRUT- Revista de Fruticultura 3 (3), 162-173.
- PERUZZI A., MAZZONCINI M., CIOMEI D., SENESI G., 1989. Meccanizzazione delle operazioni di raccolta degli strobili di pino domestico (*Pinus pinea* L.) Nota 1 - Macchine e

- attrezzature cantieri e organizzazione del lavoro. Rivista Di Ingegneria Agraria 20 (3), 165-173.
- PESTAÑA V., 2000. El pino piñonero. Árbol frutal. I Simposio del Pino piñonero (*Pinus pinea* L.), Valladolid. Vol 2, pp 279-284.
- PIQUÉ M., 2003. Modelos de producción para las masas de *Pinus pinea* L. en Catalunya: orientaciones para la gestión y aprovechamiento sostenible de madera y piña. Tesis Doctoral. Universitat de Lleida, Lleida.
- PITA P.A., 1966. Clasificación provisional de las calidades de estación en las masas de pino piñonero. Anales del Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias 11, 172-182.
- POZZERA G., 1959. Rapporti fra produzione di strobili in *Pinus Pinea* L. ed andamento stagionale. Italia Forestale E Montana 14 (5), 196-206.
- PRADA M.A., GORDO F.J., DE MIGUEL J., MUTKE S., GATALÁN-BACHILLER G., IGLESIAS S., GIL L., 1997. Regiones de procedencia de *Pinus pinea*. Organismo Autónomo de Parques Naturales, Madrid, 109 pp.
- ROMERO Y GILSANZ F., 1886. El pino piñonero en la provincia de Valladolid. Imprenta y Librería Nacional y Extranjera de Hijos de Rodríguez, Valladolid, 325 pp.
- RUIZ DE LA TORRE J., CEBALLOS L., 1979. Árboles y arbustos de la España Peninsular, E.T.S.I.M. Servicio de Publicaciones, Madrid, 512 pp.
- SADA B., IGLESIAS S., GIL L., 2000. Estudio de producción en un banco clonal de *Pinus pinea* de procedencia Cataluña litoral para la selección de grandes productores de fruto. I Simposio del Pino piñonero, Valladolid, pp. 65-73.
- SANCHEZ CÓZAR S., 1963a. Cuidados culturales (podas) en los montes de pino piñonero, encinares y alcornocales. Montes 45 , 73-78.
- SANCHEZ COZAR S., 1963b. Ordenación y silvicultura intensiva en los montes de *P. pinea*, su financiación. Montes 45, 295-298.
- SBAY H., 1995. Situation du pignon (*Pinus pinea* L.) au Maroc. Bilan des travaux de recherches. En: El pino piñonero como árbol productor de frutos secos en los países mediterráneos. F.A.O.-I.N.I.A., Madrid, pp. 59-68.
- SMITH D.M., HAWLEY R.C., 1986. The practice of silviculture (8th edition). John Wiley & sons, New York, 527 pp.
- TUSSELL J.M., 1997. Informe preliminar sobre el Pino piñonero (*Pinus pinea*) en Catalunya. Centre Tecnològic Forestal del Solsonès. Informe Técnico Inédito. Solsona.
- VACAS M.A., 1989. Algunas considerações sobre o pinheiro manso, na regiao de Alcácer do Sal. Reunión sobre silvicultura, mejora y producción de *Pinus pinea*, INIA-CEE. Madrid.
- XIMÉNEZ DE EMBÚN J., 1959. El pino piñonero en las llanuras castellanas. Hojas divulgadores del Ministerio de Agricultura, Madrid, 20 pp.
- YAGÜE S., 1993. Silviculture and production of stone pine (*Pinus pinea* L.) stands in the province of Avila (Spain). En: Mountain silviculture. I.U.F.R.O.-I.N.I.A., Valsain (España), pp. 423-444.
- YAGÜE S., 1994a. Producción y silvicultura del pino piñonero (*Pinus pinea* L.) en la provincia de Avila 1ª parte: producción. Montes 36, 45-51.
- YAGÜE S., 1994b. Producción y silvicultura del pino piñonero (*Pinus pinea* L.) en la provincia de Ávila 2ª parte: silvicultura. Montes 37, 45-51.
- YAGÜE S., 1995. Ordenación de los pinares de pino piñonero (*Pinus pinea* L.) en la provincia de Ávila. I Reunión del Grupo de Ordenación de Montes, S.E.C.F., Valsain. pp. 221-236.