

Resultados de una gestión selvícola en el límite del inicio de la competencia en masas regulares de *Pinus radiata* D. Don en Balmaseda, País Vasco

Mikel Otaola Urrutxi

Ingeniero Técnico Forestal

En este trabajo se exponen los resultados de un modelo de gestión selvícola llevado a cabo en montes de utilidad pública de Balmaseda poblados por masas regulares de *Pinus radiata* D. Don. En 2006 se inició la gestión de estas masas mediante un régimen de clareos y claras en el límite del inicio de la competencia intraespecífica (LIC). El objetivo de esta gestión es evitar el declive del crecimiento y producción en volumen debido a la competencia que genera la elevada densidad en la gestión tradicional. El manejo de la densidad óptima para esta especie para alcanzar el máximo crecimiento es tan importante como la calidad de la estación. La producción obtenida supera hasta un 300 % a la resultante de la silvicultura tradicional. Esta gestión aúna objetivos selvícolas (máxima producción, madera de calidad y facilidad en la gestión), económicos (reducción del turno, menor densidad) y ecológicos (aumento de sumideros de carbono, mayor vigor de la planta), logrando acortar el turno a 22-28 años y alcanzar diámetros de 50-60 cm, alturas de 30-40 m y una producción de 24-50 m³/ha/año, con un crecimiento en volumen exponencial durante el turno.

Palabras clave: límite del inicio de competencia; crecimiento y producción; índice Hart-Becking

INTRODUCCIÓN

Pinus radiata es la primera especie forestal en el País Vasco (Inventario Forestal del País Vasco de

2016), tanto en superficie (123.900 ha, un 33 % del total) como en volumen de existencias (28,6 millones de m³) y de cortas (80 % del total, entre



Fig. 1. Dos modelos de gestión para una misma calidad de estación. Arriba.: Tradicional. Abajo: Límite del inicio de la competencia

1 y 2 millones $m^3/año$). El 83 % de estas masas son de propiedad particular (Hazi, 2017). Desde la década de 1990 se ha producido un descenso continuado de su superficie, pasando de 152.000 ha en 1995 a 123.900 ha en 2016, mientras que en ese mismo periodo la superficie de plantaciones de *Eucaliptus* sp. ha aumentado un 20 % (500 ha anuales). A nivel mundial la tendencia es hacia la expansión en superficie, pasando de 650.000 ha reforestadas en 1950 hasta 4,2 millones de ha en 2013. Nueva Zelanda y Chile, con 1,54 y 1,48 millones de ha reforestadas respectivamente, encabezan la producción mundial para esta especie con 25 y 36 millones de m^3 respectivamente (Mead, 2013).

Algunos problemas estructurales en la gestión de *Pinus radiata* en el País Vasco son: baja rentabilidad, turnos largos (35-40 años), baja producción en volumen de las masas y escasa calidad de la ma-

dera. Tolosana et al. (2013) concluyen que para diferentes regímenes de claras en el País Vasco, el Valor Actualizado Neto (VAN) de las repoblaciones es negativo o reducido en ausencia de subvenciones. En 2009, la Mesa Intersectorial de la Madera del País Vasco indicó como debilidades la dependencia del mercado interno (fluctuación en el volumen de cortas) y la poca o nula tradición exportadora debida a la escasa calidad de la madera, que puede achacarse a un déficit en la gestión selvícola de esta especie (Otaola-Urrutxi y Errandonea, 2012), debiendo buscarse soluciones que incentiven la inversión, faciliten la gestión y mantengan la rentabilidad (Murrieta, 2006). Las masas productivas no abastecen las necesidades del mercado interno de madera aserrada (déficit de 1 millón de m^3 en 2016), según los datos del MAGRAMA (2016). El crecimiento y la calidad de las masas de *Pinus radiata*

en la cornisa cantábrica es muy inferior a las de Chile o Nueva Zelanda. De hecho, la importación de madera de *Pinus radiata* destinada a carpintería e industria del mueble desde Chile hacia España ha llegado a alcanzar los 250.000 $m^3/año$ durante la pasada década, por razones de calidad, homogeneidad y coste (Tolosana et al, 2013).

El crecimiento medio anual (IMA) de *Pinus radiata* en España oscila entre los 8 y 14 $m^3/ha/año$ del País Vasco (Inventario Forestal de 2011) y los 8,1 a 19,8 $m^3/ha/año$ de Galicia (Sánchez et al., 2003). Los valores para otros países son de 14-34 $m^3/ha/año$ en Chile (Mead, 2013), 18-20 $m^3/ha/año$ en Perú (González, 1975, o 25-32 $m^3/ha/año$ en Nueva Zelanda (Palmer et al., 2010), alcanzando hasta 52 $m^3/ha/año$ de algunas parcelas de calidad I (Shula, 1989). En este último país, el crecimiento corriente anual (ICA) alcanzan los 54 $m^3/ha/año$ para masas entre 11 y 21 años (Maclaren y Knowles, 1999), y hasta 73 $m^3/ha/año$, en masas de 9 a 13 años (Beets et al., 2011).

La gestión selvícola tradicional en estas masas hace que las plantaciones ocupen la totalidad del sitio a una determinada edad, dependiendo de la densidad inicial, la intensidad de las cortas intermedias y la calidad de la estación. Al ocupar la totalidad del sitio y de los recursos (luz, agua y nutrientes) se alcanza el máximo crecimiento en la masa. A partir de ese momento comienza la competencia intraespecífica y es el punto de inflexión en crecimiento corriente. En Nueva Zelanda el declive del ICA se produce antes de los 15 años, y el de la altura entre 6 y 15 años (Mead, 2013), mientras que en Galicia el declive del ICA es entre los 9 y 11 años (Sánchez, 2001). En la gestión en el LIC no se produce ese punto de inflexión, por lo que el ICA permanece constante (Fig. 1).

La diferencia tan significativa de la eficiencia del crecimiento, turno de corta y calidad en las masas de *Pinus radiata* en los diferentes países puede deberse por una parte a la estación y por otra a la gestión selvícola (manejo de la densidad a través de cortas intermedias, y por tanto, de la com-

Tabla 1. Comparación del manejo de cortas intermedias e itinerarios selvícolas en *Pinus radiata*

Región	Año	Tratamiento selvícola
Balmaseda (Vizcaya) ¹	0	Repoblación (830-1.100 pies/ha)
	4-6	Clareo 550-600 pies/ha
	9-11	1. ^a clara 350-400 pies/ha
	11-13	2. ^a clara 275-325 pies/ha
	14-17	3. ^a clara 200-250 pies/ha
	18-22	4. ^a clara 150-200 pies/ha
	22-28	Corta final. Diámetro 50-60 cm. Altura 30-40 m Crecimiento del árbol al final del turno 0,2-0,4 m ³ /año
País Vasco ²	0	Repoblación (1.100 pies/ha)
	12	Clareo improductivo 810 pies/ha
	18	1. ^a clara comercial 510 pies/ha
	23	2. ^a clara comercial 250 pies/ha
	35	Corta final
Castilla y León ³	0	Repoblación 1.100 pies/ha
	8	Clareo improductivo 10 %
	15	Primera clara 700 pies/ha
	25	Segunda clara 300-350 pies/ha
	35	Corta final
Galicia ⁴	0	Plantación 1.100-1.500 pies/ha
	10-15	Primera clara 600-700 pies/ha
	15-25	Segunda clara 300-400 pies/ha
	30-40	Corta final
Nueva Zelanda y Chile ⁵	0	Plantación 1.000-1.250 pies/ha
	5-6	Clareo 700 pies/ha
	9-12	Clareo o clara para celulosa 350-400 pies/ha
	28	Corta final

Fuentes: ¹ Otaola-Urrutxi y Errandonea (2012); ² Basalde (2012); ³ Fernández y Sarmiento (2004); ⁴ DOG (2014); ⁵ Mead (2013)

petencia). En Chile y Nueva Zelanda las cortas intermedias (un clareo y una clara) a 6 y 15 años dejan una densidad de 350-400 pies/ha hasta el

final del turno (28 años). En la cornisa cantábrica se usan densidades de reforestación elevadas (aunque se han reducido desde 2.500 pies/ha hasta la

década de 1990 a 1.111-1.500 pies/ha actualmente), y la gestión selvícola actual maneja densidades que duplican a las de los anteriores países, por falta o baja intensidad de las cortas intermedias (Tabla 1).

La elevada densidad de las masas de *Pinus radiata* en la gestión tradicional produce un declive o bloqueo de la eficiencia del crecimiento al comenzar la competencia intraespecífica. Un buen indicador es el índice de Hart-Becking, que expresa el número de árboles y la altura dominante en una masa. En este estudio, para la gestión en el LIC su valor es de 23-26 % a lo largo del turno. Para las masas de *Pinus radiata* antes de hacer claras su valor se estabiliza a partir de los 15 años entre el 19 y el 22 % para las calidades II y III vascas respectivamente (Sánchez y Rodríguez, 2008). En Galicia su valor antes de clara para calidades intermedias se estabiliza alrededor de los 15 años en el 15 % a 18 % (Sánchez, 2001).

Para las características de esta especie, de temperamento robusto e intolerante a la competencia, la densidad excesiva produce un punto de inflexión o de culminación en la eficiencia de crecimiento a edad temprana (dependiendo de la densidad inicial, intensidad de claras y clareos y calidad de la estación). Diferentes estudios (Lewis y Ferguson, 1993; García, 1990; Savill et al, 1998) hacen



Fig. 2. Respuesta del árbol a la puesta en luz tras un clareo tardío



Fig. 3. Clareo y poda baja en 2007 en el monte Buenos Aires

referencia a la competencia en las masas y su reacción a la puesta en luz tras una corta intermedia; puede variar desde dos a cuatro años, e incluso perder la capacidad de reaccionar durante un largo periodo de tiempo. Cuanto mayor y más duradera sea la competencia más lenta será la recuperación o respuesta de los árboles a las claras (Mead, 1990). Nuestros resultados para Balmaseda muestran una respuesta significativa en crecimiento del diámetro del árbol tras la puesta en luz (Fig. 2).

Assmann (1970) afirma que dentro de un margen amplio de densidades no varía la producción total ni la altura dominante para una especie y una calidad de estación. Esta afirmación genera dudas una vez observados los efectos de la competencia tanto en el árbol como en la masa, y es discutible que esa “certeza experimental” sea aceptable en otras ramas de la ciencia.

Un problema en la gestión de las masas forestales es el elevado número de años necesario para estudiar la densidad óptima a lo largo del turno. Dicha densidad es fundamental para

predecir el crecimiento y la producción de las masas y los árboles individuales, y de ese modo definir el itinerario selvícola adecuado a la especie y calidad de la estación. Por esta razón son incompletos los trabajos que han gestionado las masas en el LIC. Tan solo se han realizado estudios para esta especie durante un periodo limitado en Chile, en una masa de seis años (Espinosa et al., 1994). En la Península se han realizado ensayos de clareos y claras, siendo el trabajo más significativo el realizado en monte Bergonte, Galicia (Crescente et al., 2008; Diéguez-Aranda et al., 2009). Este estudio se comenzó en 2004 en una masa de doce años con densidad de 1.670 pies/ha, y sus conclusiones preliminares indican que la competencia afecta a los diámetros y a las alturas iniciales.

Un objetivo principal de la investigación selvícola es predecir el crecimiento y la producción tanto del árbol individual como de la masa. Para ello es preciso conocer la ecología de la especie, para poder imitar y anticiparse a los procesos ecológicos que producen el declive del crecimiento en

volumen. En el caso de *Pinus radiata* hay tres índices imprescindibles para conocer el estado de las masas y los árboles: el índice de copa viva que refleja el vigor de la planta, el índice o coeficiente de estabilidad mecánica del árbol (h/d) y el índice de espesura de Hart-Becking que expresa el cociente entre el espaciamiento medio de los árboles y la altura dominante (cuanto más pequeño es su valor, mayor es la espesura de la masa).

En la gestión forestal tradicional de los montes públicos gestionados por la Diputación Foral de Vizcaya en Balmaseda se evidenció que la elevada densidad en la masa originaba el bloqueo del crecimiento y de la producción en volumen. La excesiva espesura generaba una gran competencia intraespecífica, reduciéndose el porcentaje de copa viva, y mantenía la estabilidad mecánica en el límite. Por ello, partir de 2006 se decide cambiar el modelo de gestión selvícola en todas las masas inferiores a diez años de edad. Se busca mantener el crecimiento y producción de las masas y concentrar el volumen en los mejores árboles seleccionados



Fig. 4. Masa regular de *Pinus radiata* después de la primera clara comercial y poda en altura. Monte 125 Rio Sequillo

en las sucesivas cortas intermedias, evitando el declive de la eficiencia en el crecimiento en volumen. Para ello se comienza a gestionar esta especie en el LIC.

Los objetivos de esta gestión son diseñar un itinerario selvícola sencillo

y simplificado que regule la densidad óptima de las masas de *Pinus radiata* a lo largo del turno para que la eficiencia en crecimiento y producción se aproxime al potencial de la estación mediante la reducción del turno de 40 a 22-28 años y del número de árboles

a plantar y podar, lo que disminuye el coste de la gestión y aumenta la rentabilidad de la inversión.

MÉTODOS

El modelo de gestión tradicional en Balmaseda se basaba en claras

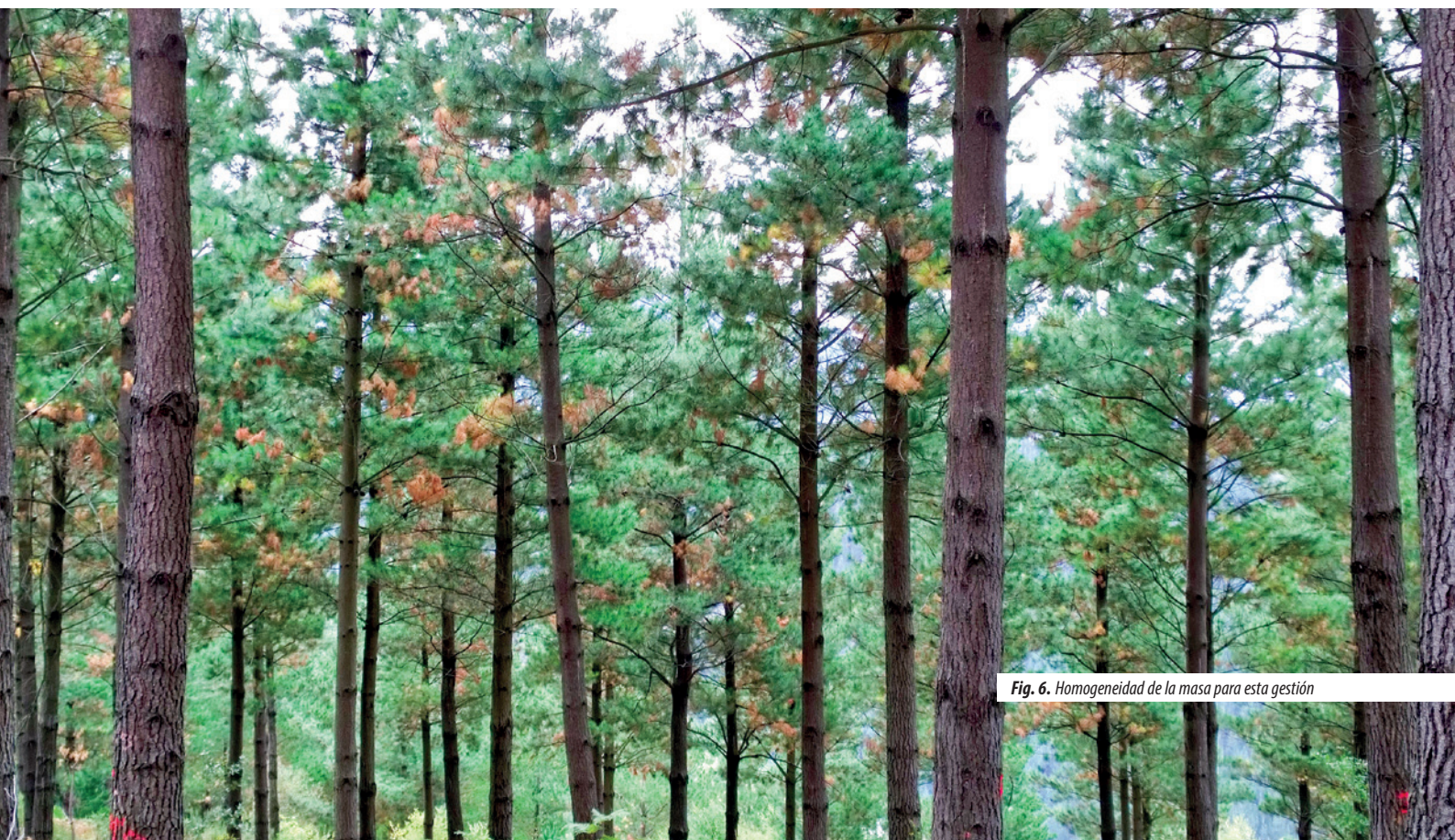


Fig. 6. Homogeneidad de la masa para esta gestión



Fig. 5. Masa de *Pinus radiata* después de la segunda clara comercial (2014). Monte Buenos Aires

débiles en masas con alta densidad (índice Hart-Becking menor del 20 %), cercanas al autoclareo, y turnos de más de 40 años (Plan de Ordenación 2009). El nuevo modelo de gestión en el LIC mantiene solo un estrato dominante mediante un plan de cortas intermedias de intensidad fuerte en la 1.^a clara, moderada en la 2.^a y débil en la 3.^a y 4.^a, con un turno de 22 a 28 años según la calidad de la estación. Respecto a estudios previos (Otaola-Urrutxi y Errandonea, 2012; Otaola-Urrutxi, 2013), se ha variado la intensidad de las claras, que pasa a ser fuerte. Este modelo busca el vigor de la masa y su estabilidad mecánica,

reduciendo la densidad y el coste de la gestión. Se optó por la mínima densidad posible, concentrando el crecimiento y la producción en los árboles de la masa principal. Sin embargo, en 2013 se observó que no hay declive o punto de inflexión en el crecimiento de la masa al llegar a la ocupación del sitio, sino que esta producción se mantenía desde el momento de la ocupación del sitio hasta el final del turno (Otaola-Urrutxi, 2013).

Para hacer el seguimiento de esta gestión se ha establecido una red de 54 parcelas permanentes circulares, con radio de 10 m (315 m²), valor que se adapta correctamente a masas

muy homogéneas. A partir de 2013 las parcelas se replantean con hipsómetro, con el que se miden también las alturas. Las parcelas se inventarían anualmente midiendo el diámetro, altura y fracción de cabida cubierta. Estas parcelas se ubican en rodales de masas procedentes de reforestaciones realizadas desde el año 1996. En cada rodal se ubican una o dos parcelas en función de lo homogéneo que sea. También se han ubicado otras cinco parcelas permanentes en masas reforestadas entre 1988 y 1998, gestionadas mediante selvicultura tradicional hasta 2006, para contrastar su crecimiento y respuesta a las claras (Otaola-Urrutxi, 2013). Asimismo se ha medido el diámetro y establecido la edad de 1.258 pies talados entre 2006 y 2014 en masas procedentes de reforestaciones de la década de 1960.

En Balmaseda había dos tipos de masas en 2006, cuando se inició esta gestión: unas de hasta diez años de edad, con densidades iniciales entre 1.600-1.800 pies/ha, procedentes de reforestaciones de la década de 1990, y otras de cuatro a seis años de edad, reforestadas a partir del 2000, con densidades de 1.100 pies/ha. En esta gestión en el LIC se comienzan en ambas masas los trabajos

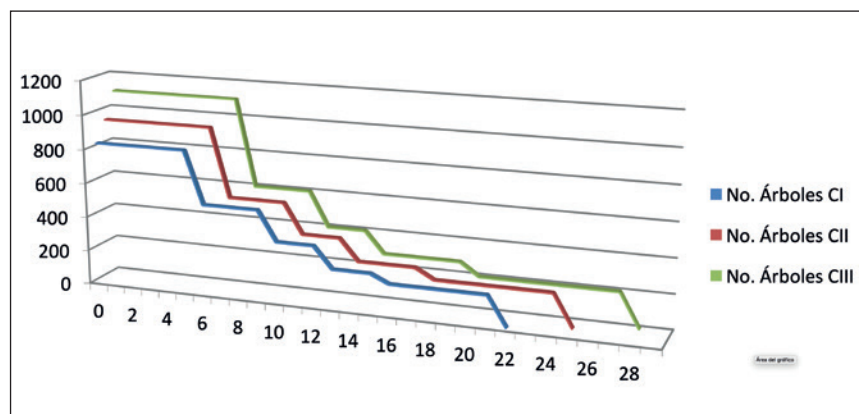


Fig. 7. Manejo de la densidad de las masas de *Pinus radiata* para este modelo de gestión



Fig. 8. Dos modelos de gestión. Arriba.: Estado de autoaclareo. Abajo.: Limite del inicio de la competencia

selvícolas con un clareo fuerte hasta dejar una densidad de 550-600 pies/ha. En esta primera corta se adecúa la masa para la primera clara comercial, en la que el 50 % del volumen tendrá destino de sierra, con trozas mayores de 14 cm en punta delgada. Tras el clareo, la estructura de la masa quedará compuesta por pies del estrato dominante. Por lo tanto, se evita la difrenciación de los tamaños al regular la competencia intraespecífica. Se establecen masas regulares con buena estabilidad mecánica, con un porcentaje de copa viva superior al 60 % y un buen vigor de los pies.

La primera clara se realizará entre los nueve y once años en función de la calidad de la estación. Debido al tamaño de la copa, la segunda clara tiene peso moderado, y la tercera y la cuarta, débil. Las claras de intensidad fuerte no tienen efecto en el crecimiento exponencial en volumen del árbol individual, pero si una gran pérdida en la producción de la masa por falta de ocupación del sitio. Con este itinerario selvícola, la producción tras las claras se recupera en 2-4 años y se evitan puntos de inflexión. La densidad de la masa principal al final del turno no excederá los 200 pies/ha.

RESULTADOS

En enero de 2019 se han inventariado las parcelas permanentes por última vez. Se dispone de resultados para los tres rodales de mayor edad (Tabla 2) tratados con este modelo de gestión, y que están en el turno tecnológico (por tamaño del árbol y homogeneidad), con edades en torno a los 20 años. La calidad de estación no es homogénea, razón por la que se han hecho al menos dos parcelas.

Para la gestión actual en el LIC se ha establecido un índice de Hart-Becking del 23-26 % y se ha rebajado el turno desde los 40 años de la ges-

Tabla 2. Resultados de este modelo de gestión en los rodales de mayor edad.

Parámetro	Buenos Aires Monte patrimonial	Peñueco Rodal 127a0315	Trapaguilla Rodal 124a0320 (parte)
Año de plantación	2000	1999	1999
Densidad inicial	1.600 pies/ha	1.450 pies/ ha	1.400 pies/ha
Densidad actual	190 pies/ha	195 pies/ha	245 pies/ha
Volumen unitario	2,10 m ³	2,20 m ³ /árbol	2,45 m ³ /árbol
Volumen masa principal	393 m ³ /ha	429 m ³ /ha	625 m ³ /ha
Incremento volumen/ha	38 m ³ ha/año	40 m ³ ha/año	50 m ³ ha/año
Altura dominante	31 m	30 m	32 m
Diámetro medio	47,0 cm	48,5 cm	51,0 cm
Calidad de la estación	II	II	I / II

ción tradicional hasta los 22-28 años, como ya estimábamos años atrás (Otaola-Urrutxi y Errandonea, 2012; Otaola-Urrutxi, 2013). Con esta espesura el crecimiento del árbol individual en volumen durante el turno es exponencial, presentando un incremento del diámetro normal prácticamente constante a lo largo del turno (Fig. 9). El crecimiento corriente en volumen del árbol individual al final del turno es de 0,2-0,4 m³/ha, valores que podrían ser más amplios a medida que se vayan incorporando nuevas masas y calidades. La producción media de la masa para esta gestión al final del turno esta comprendida entre 24 y 50 m³/ha/año. Si se compara la producción para una misma calidad de estación de la gestión tradicional (según el Plan de Ordenación Forestal de 2010, las mediciones pie a pie para la enajenación del aprovechamiento de la madera o los inventarios forestales) con los datos obtenidos con la nueva gestión, al final del turno puede alcanzar un incremento del 300 % en la producción de la masa principal. En la gestión tradicional el diámetro medio no sobrepasa los 52 cm para un turno de 47 años, y en este modelo se alcanzan 50-60 cm con turnos de 22-28 años.

Para determinar la calidad de la estación es más fiable el crecimiento en diámetro que la altura dominante ya que este permanece prácticamente constante (Tabla 3).

En esta gestión, tanto la altura como el diámetro están directamente relacionados con el manejo de la densidad. Sin embargo, en la práctica totalidad de los árboles de esta

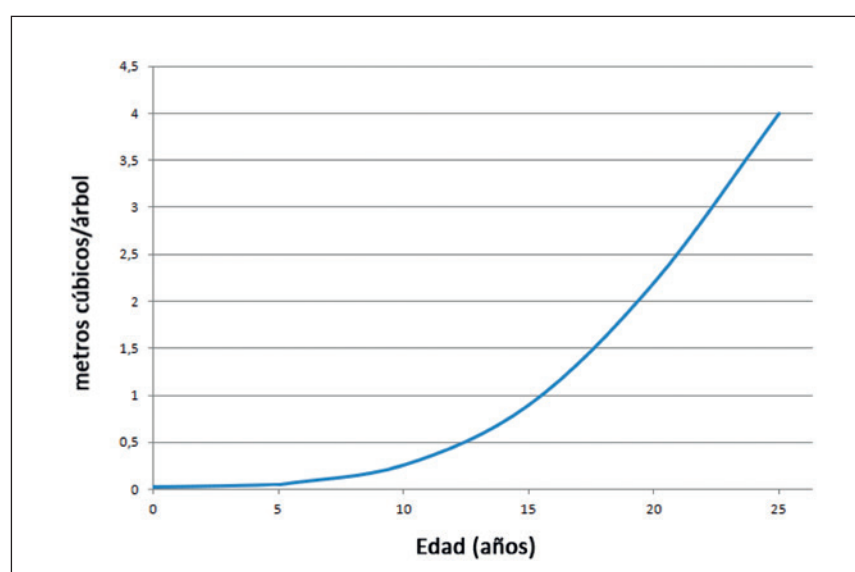


Fig. 9. Crecimiento del árbol individual a lo largo del turno

Tabla 3. Calidades de estación según el crecimiento en diámetro del árbol

Calidad de estación	Crecimiento en diámetro
I	≥ 3 cm/año
II	2,5 - 3 cm/año
III	2 - 2,5 cm/año

especie se producen defectos en las guías terminales por diferentes razones (bióticas o abióticas) a lo largo del turno, por lo que la altura podría variar en mayor medida. La altura dominante en los rodales de mayor edad presenta amplias diferencias si se comparan con los datos de la gestión tradicional. Para un índice de sitio a los 20 años las alturas dominantes varían entre 11 y 26 m en Galicia (Sánchez et al, 2003), entre 14 y 27 m en el País Vasco (Basoa, 2006)

y entre 22 y 34 m con esta gestión en Balmaseda (Fig. 10).

El manejo de la densidad de una masa en la gestión selvícola a lo largo del turno es determinante para poder alcanzar la producción cercana a la potencialidad de la estación. El manejo de las masas en el LIC permite al árbol individual crecer con el espacio necesario para aprovechar los recursos disponibles y mantiene la eficiencia en el crecimiento en volumen al ser constante la producción hasta el final

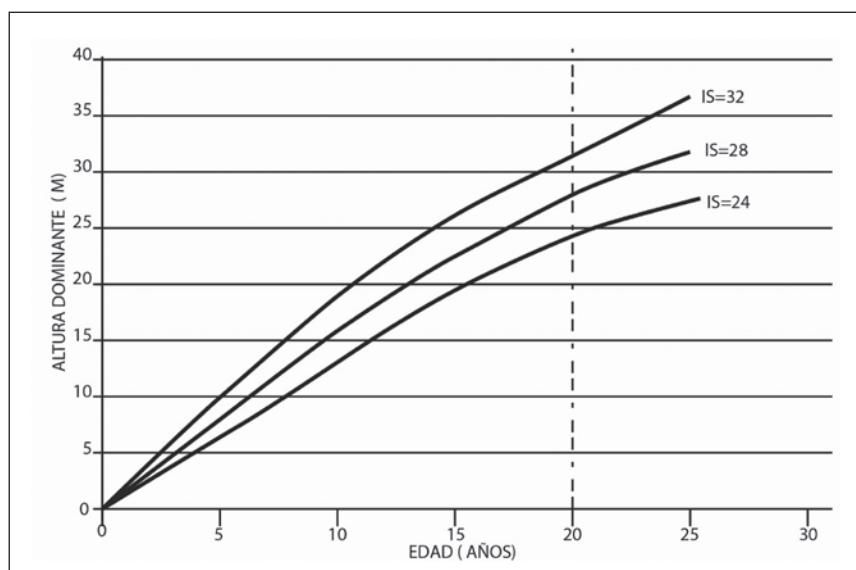


Fig. 10. Índice de sitio para las calidades de estación para esta gestión en Balmaseda

del turno. La gestión de masas regulares mediante actuaciones selvícolas que manejan una densidad en el ini-

cio de la competencia intraespecífica evita el bloqueo del crecimiento y la producción de la masa, por lo que per-

mite alcanzar la máxima producción. Se reduce el turno tecnológico y se producen masas más regulares, con mayor estabilidad mecánica y árboles más vigorosos, y se abaratan los costos de gestión, alcanzando la máxima rentabilidad económica. Además, en esta gestión es fácil predecir el crecimiento y producción tanto del árbol individual y de la masa regular en cada fase del turno y definir el itinerario selvícola conveniente. Asimismo se obtienen árboles homogéneos (diámetro normal al final del turno comprendido en pocas clases diamétricas) y de alta calidad (escasa proporción de madera juvenil y corteza). Finalmente, al aumentar la producción de la masa se consigue aumentar el secuestro de carbono de manera proporcional.

Tras estos resultados preliminares parece aconsejable una revisión de la selvicultura tradicional aplicada a esta y otras especies forestales en el LIC.

REFERENCIAS

- Assmann E. 1970. *The principles of forest yield study*. Pergamon Press, New York.
- Basalde. 2012. *Planes de gestión sostenible*. Asociación PEFC Euskadi.
- Basoa. 2006. *Selvicultura de Pino radiata en el País Vasco*. Confederación de Forestalistas del País Vasco.
- Beets PN, Reutebuch S, Kimberley MO et al. 2011. Leaf area index, biomass carbon and growth rate of radiata pine genetic types and relationships with LIDAR. *Forest* 2: 637–659.
- Castelo-Dorado F, Diéguez-Aranda V, Álvarez JG. 2007. A growth model for *Pinus radiata* D. Don stands in north-western Spain. *Am. For. Sci.* 64: 453–465.
- Chauchard LM, Olalde M. 2004. Diagrama de manejo de la densidad de masas de Pino radiata en el País Vasco. *Cuad. Soc. Esp. Cien. For.* 18: 161–166.
- Chauchard L, Dorronsoro M. 2013. Influencia de los parámetros de los diagramas de manejo de la densidad en la planificación selvícola. 6.º Congreso Forestal Español, Vitoria-Gasteiz.
- DOG. 2012. Orden de 19 de mayo de 2014 por la que se establecen los modelos silvícolas o de gestión forestal orientativos y referentes de buenas prácticas forestales para los distritos forestales de Galicia. Diario Oficial de Galicia 106, 5 de junio de 2014.
- Diéguez-Aranda U, Rojo A, Castelo-Dorado F et al. 2009. *Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia*. Xunta de Galicia, Santiago de Compostela.
- Drew TJ, Flewelling JW. 1979. Stand density management diagram for slash pine plantations in the lower coastal plain. *For. Sci.* 25(3): 518–532.
- Fernandez A, Sarmiento A. 2004. *Pino radiata (Pinus radiata): Manual de gestión forestal sostenible*. Junta de Castilla y León, Valladolid.
- García O. 1990. Growth of thinned and pruned stands. *EFRI Bulletin* 151: 84–97.
- Gobierno Vasco. 1986–2016. *Inventario forestal C.A.P.V. 1986, 1996, 2005, 2011, 2016*. Gobierno Vasco.
- González M. 1975. Crecimiento en volumen por hectárea de *Pinus radiata* en Cajamarca-Perú. *Rev. For. Perú*. 5(1-2): 93–98.
- Hazi. 2017. *El bosque vasco en cifras 2017*. Hazi Fundazioa, Arkaut.
- Lewis NB, Ferguson IS. 1993. *Management of radiata pine*. Inkata Press, Melbourne.
- Long JN. 1985. A practical approach to density management. *Forest. Chron.* 61(1): 23–27.
- Maclaren JP, Knowles RL. 1999. Economic of final crop stocking at the Tikitter agroforestry trial. Part 1: Volume and quality comparisons. *NZ. J. For. Sci.* 29(1): 165–174.
- Madrigal A, Toval G. 1975. *Tablas de producción, ubicación y tarifas de Pinus radiata D. Don en las provincias Vascongadas*. Ministerio de Agricultura, Madrid.
- Mead DJ. 1990. *Radiata pine: biology and silvicultura in relation to modelling*. Informe Fund. Chile.
- Mead DJ. 2013. *Sustainable management of Pinus radiata plantations*. FAO Forestry Paper No. 170. FAO, Roma.
- MAGRAMA. 2016. Anuario de Estadística Forestal 2016. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Otaola-Urrutxi M, Errandonea E. 2012. Primeros datos de crecimiento y tablas de producción de *Pinus radiata* D. Don en Balmaseda, para un régimen de claras fuerte y torno de 25 años. *Foresta* 55: 129–133.
- Otaola-Urrutxi M. 2013. Comparativa de crecimiento y producción en diferentes regímenes de claras en una masa de Pino radiata en Balmaseda. 6.º Congreso Forestal Español, Vitoria-Gasteiz.
- Sánchez F. 2001. *Estudio de la calidad de estación, crecimiento, producción y selvicultura de Pinus radiata D. Don en Galicia*. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
- Sánchez F, Rodríguez. 2008. Compendio de selvicultura aplicada en España. *Selvicultura de Pinus radiata D. Don*, pp. 471–502. INIA, Madrid.
- Sánchez F, Rodríguez R, Rojo A et al. 2003. Crecimiento y tablas de producción de *Pinus radiata* D. Don en Galicia. *Invest. Agrar.; Sist. Recur. For.* 12(2): 65–83.
- Savill P, Evans J, Falck J et al. 1998. *Plantation silviculture in Europe*. Oxford University Press, Oxford.
- Shula RG. 1989. The upperlimits of radiata pine stem-volume production in N.Z. *NZ Forestry* 34(2): 19–22.
- Tolosana E, Albizu PM, Vignote S. 2013. Situación del mercado de la madera de calidad de pino radiata. Influencia en el estado de sus masas. Análisis de alternativas de gestión. 6.º Congreso Forestal Español, Vitoria-Gasteiz.