



8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a
los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**



8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales

Cataluña | Catalunya - 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022

ISBN 978-84-941695-6-4

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Organiza



**Un modelo de gestión forestal aplicado al control del nematodo de la madera del pino,
Bursaphelenchus xylophilus. Recomendaciones para su gestión basadas en la fenología y dispersión
de su vector, *M. galloprovincialis***

MAS, H.¹, GALLEGOS, D.², ETXEBESTE, I.³

¹ Laboratori de Sanitat Forestal. CIEF. VAERSA-Conselleria de Agricultura, Desarrollo Rural, Emergencia Climática y Transición Ecológica (Generalitat Valenciana). Avda Comarques del País Valencià 114, 46930, Quart de Poblet (València).

² Departamento de Zoología y Antropología Física, Universidad de Murcia, Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia (Murcia).

³Sanidad Agrícola ECONEX, S.L., C/ Mayor, Nº 15B - Edificio ECONEX - Apartado de Correos Nº 167, 30149 Siscar (Murcia).

⁴Errez, Kooperatiba txikia. Errrotabarri 5, 01160 Aramaio, Araba.

Resumen

Actualmente las herramientas de control del NMP aplicadas en Europa y en la península ibérica se reducen a dos: a la selvicultura, es decir, a la tala y destrucción completa de los pies sintomáticos detectados antes del inicio del periodo de emergencia de *M. galloprovincialis* para evitar la dispersión de los vectores infectados; y a la inspección fitosanitaria, en concreto, a la prospección de las zonas con mayor riesgo de entrada de la enfermedad. En este documento técnico se proponen diferentes recomendaciones basadas en nuevos descubrimientos científicos que suponen mejoras en la aplicación de estas dos herramientas de control

Palabras clave

Pinus pinaster, ordenación forestal.

1. Antecedentes

La primera detección de *Bursaphelenchus xylophilus* en Europa se produce en la península de Setúbal en 1999 (MOTA et al. 1999). A partir de ese momento, se demarca la zona afectada y se aplican medidas de control. Desde 2008, todo el conjunto de Portugal continental es designado zona demarcada y se delimita una zona de amortiguamiento que ocupa 20 kilómetros de ancho lo largo de la frontera con España. La zona infestada se divide en dos zonas: la zona de intervención, donde realmente se identificaron los árboles infestados, y el resto. Después de varios años de aplicación de medidas de control contra el NMP, las autoridades portuguesas consideran que la erradicación no es viable y por lo tanto deciden contener NMP en la zona infestada y concentrar sus acciones de control en la zona de amortiguamiento de la zona demarcada del Portugal continental. Al mismo tiempo, se intenta retrasar y controlar la propagación real de la plaga mediante la aplicación de determinadas medidas en la zona infestada (Rodríguez, J. M., com. pers. VICENTE et al. 2012).

Bursaphelenchus xylophilus se detecta en España por primera vez en octubre de 2008, en la Sierra de Dios Padre, en la Comunidad Autónoma de Extremadura (ROBERTSON et al. 2011). La detección se produce en un único árbol infectado, fuera de masa forestal y situado a 12,5 km de una industria de procesamiento de la madera y a 40 km de la frontera con Portugal. La detección del árbol sintomático se produce durante la prospección sistemática de la enfermedad mediante una cuadrícula de 2 x 2 km, en el trayecto de uno de los puntos de muestreo a otro. Después de aplicar las medidas de erradicación contenidas en la Decisión de la Comisión 2006/133/CE el foco es declarado erradicado por las autoridades españolas el 16 de enero de 2013. Tras la detección de este primer foco, otros tres han sido detectados en España, actualmente en curso de erradicación. En noviembre de 2010, se declara un foco en As Neves (Galicia) (ABELLEIRA et al. 2011). En febrero

de 2012, se encuentra de nuevo un único árbol infectado en Valverde del Fresno (Extremadura) a 595 metros de la frontera con Portugal. En diciembre de 2013, en Sancti-Spíritus (Castilla y León), se encuentran 135 árboles infestados en un rodal de bosque mixto de 150 hectáreas en una zona de alto riesgo por la proximidad de una ruta de transporte principal de madera de Portugal (ZAMORA et al. 2015). La zona había sido objeto de reconocimiento en el año 2012 y las muestras tomadas de los árboles sintomáticos y asintomáticos dieron resultados negativos. En todos estos brotes, son establecidas zonas demarcadas y medidas de erradicación conforme a la legislación vigente (MAGRAMA 2015).

Una reciente evaluación del impacto económico cuantitativo de la enfermedad del marchitamiento de pino en Europa ha pronosticado una pérdida acumulada para España de 11,9 mil millones € desde 2008 a 2030. En el mejor de los casos España quedaría con el 67,5% de sus bosques de coníferas severamente afectadas (SOLIMAN et al. 2012).

Los puntos débiles en el control de la enfermedad son dos. El primero está relacionado con la dificultad intrínseca del control de la enfermedad por razones ya mencionadas (MAS, 2016, Capítulo 1): la gran cantidad de hospedantes susceptibles al NMP, su ciclo biológico extremadamente corto en condiciones favorables, su alta fecundidad y fertilidad, la alternancia entre fases fitófaga y micófaga, la resiliencia de sus estadios larvarios, o el hecho de que su vector, de hábitos xilófagos, permanezca la mayor parte del tiempo oculto en el interior de la madera o debajo de la corteza, fuera de alcance de posibles tratamientos insecticidas. El segundo punto del problema tiene que ver con las dificultades administrativas, en especial, con el régimen de propiedad del suelo en las zonas afectadas del centro y norte de Portugal y del norte de España (Galicia y zonas de Castilla-León), con altos porcentajes de propiedad privada distribuida en parcelas muy pequeñas y cuyos propietarios son de difícil localización (Jose Manuel Rodríguez Com. Pers.; Gerardo Sánchez, Com. Pers.)

Las estrategias de gestión para reducir el daño de NMP en la península ibérica deben ser enfocados necesariamente al control de su vector, *M. galloprovincialis*. La dispersión de este vector puede ser de dos tipos: natural y facilitada por el hombre. Ambos tipos de dispersión son incluidos en los planes de contingencia nacionales y autonómicos, así como en la normativa europea al respecto.

Actualmente las herramientas de control del NMP aplicadas en Europa y en la península ibérica se reducen a la selvicultura y a la inspección fitosanitaria, en concreto, a la tala y destrucción completa de los pies sintomáticos detectados antes del inicio del periodo de emergencia de *M. galloprovincialis* para evitar la dispersión de los vectores infectados, y a la prospección de las zonas con mayor riesgo de entrada de la enfermedad, respectivamente.

Las recomendaciones propuestas a continuación suponen mejoras para estas dos herramientas de control del NMP. Estas recomendaciones han sido realizadas analizando fundamentalmente, entre otras, las investigaciones desarrolladas en la tesis doctoral de MAS (2016), “Fenología y capacidad de dispersión de *Monochamus galloprovincialis* (Olivier 1795) en la península ibérica”. Los capítulos más relevantes de la misma al respecto del presente trabajo son los siguientes:

- **Capítulo 2.** Fenología de la emergencia de *Monochamus galloprovincialis* en la península ibérica
- **Capítulo 3.** Fenología del vuelo de *Monochamus galloprovincialis* en la península ibérica
- **Capítulo 5.** Dispersión y población de *Monochamus galloprovincialis* en la península ibérica

2. Inspección fitosanitaria: monitorización mediante trampas

Los trabajos de PAJARES *et al.* (2010) e IBEAS *et al.* (2007) han permitido el desarrollo y comercialización de un cebo cairo-feromonal que permite una alta tasa de capturas de ambos sexos de *M. galloprovincialis* durante prácticamente todo su periodo de vuelo. Esto hace posible la realización de trampeos, no sólo para la monitorización de los periodos de vuelo, sino también para la reducción de la población de *M. galloprovincialis* en determinadas zonas sensibles (SANCHEZ-HUSILLOS *et al.* 2015a, TORRES-VILA *et al.* 2015). El diseño de la trampa también ha sido optimizado, aumentando la tasa de capturas del insecto en vivo (ÁLVAREZ *et al.* 2015), condición indispensable para la detección de nematodos en vector. La adecuada instalación de las trampas, en tiempo y ubicación, servirá para aumentar la eficiencia en las capturas.

Desde esta perspectiva el objetivo de los trampeos puede ser diferente:

1. Monitorización
2. Extracción de población
 - a. Maximización del nivel de capturas (minimización de la abundancia de población)
 - b. Maximización del control de la enfermedad (minimización de la dispersión de la enfermedad)

De acuerdo con las curvas de emergencia mostradas en los resultados del **Capítulo 2** de MAS (2016) de este trabajo, el percentil 1 de las emergencias más tempranas se da el 26 de mayo mientras que el percentil 50 se da el 11 de junio. Según NAVES y DE SOUSA (2009), estos percentiles son algo más tardíos en la península de Setúbal, Portugal, ocurriendo el percentil 1 el 31 de mayo y el percentil 50 el 10 de Julio. Conforme a los resultados de NAVES *et al.* (2007), más del 95% de las transmisiones se dan en las primeras 8-9 semanas. Esto marca una posible ventana de actuación para la captura de los vectores con el objetivo de contener o monitorizar la presencia de la enfermedad. En este caso debe ser tenida en cuenta que existen diferencias fenológicas en la emergencia en la península ibérica, posiblemente por adaptaciones locales de las poblaciones de *M. galloprovincialis* (MAS, 2016, **Capítulo 2**). Por lo tanto, la gestión debe adaptarse al conocimiento de la fenología local de la emergencia del insecto, en la medida de lo posible.

Por otro lado, de acuerdo con la fenología del vuelo presentada en los resultados del **Capítulo 3** de MAS (2016) los máximos del vuelo del vector se producen en el mes de septiembre. Esto marca una nueva y diferente ventana de actuación con el fin de maximizar el número de capturas del vector.

La emisión correcta y constante de los volátiles que conforman el atrayente Galloprotect es garantizada por el fabricante (SEDQ S.L., Barcelona) durante 45-50 días, y el periodo de vuelo completo de *M. galloprovincialis*, según los resultados mostrados en el **Capítulo 3**, tiene una duración aproximada de 6 meses (de finales de mayo a principios de noviembre). Por lo tanto, son necesarias 1-2 reposiciones de los atrayentes para cubrir el muestreo del periodo de vuelo completo, siempre que no aparezcan en el mercado nuevos productos con otra duración.

Más allá de las directrices para la captura masiva, discutidas por SANCHEZ-HUSILLOS *et al.* (2015a) y TORRES-VILA *et al.* (2015), y que exigirían el trámite de *M. galloprovincialis* durante todo su periodo de vuelo, el uso de las trampas como herramienta para el control del NMP puede ser optimizado para la consecución de otros objetivos diferentes a la captura masiva.

1. Si no hubiere posibilidad de acometer la colocación de las 3 tandas de atrayente, en función de las diferentes ventanas de actuación comentadas, la segunda (y última) reposición de atrayente debería ser descartada, de manera que quedasen cubiertos los meses de junio-julio (en una primera colocación) y agosto-septiembre (en la reposición). En la primera parte del trámite el objetivo sería minimizar la propagación del nematodo, y en la segunda minimizar la población de vectores.
2. Si no hubiese posibilidad de sustituir los atrayentes, y sólo fuese posible muestrear durante un periodo de 50 días (duración estándar de la emisión correcta de los atrayentes), los objetivos del trámite deberían ser concretados:
 - a. Monitorización vs. extracción de población.
 - b. Minimización de la propagación del NMP vs. minimización de la población de vectores.

Esta doble dicotomía está fuertemente relacionada con la zona de colocación de las trampas y con la gestión diseñada para esa zona:

1. **Zonas con presencia de la enfermedad** (zonas demarcadas). La gestión puede estar orientada a la monitorización o a la minimización de la propagación de la plaga. En todos estos casos el periodo de muestreo adecuado sería **junio-julio**:

- La monitorización puede ser, o de la intensidad de presencia de la enfermedad, o de la velocidad de dispersión de la misma muestreando los bordes de las zonas afectadas, lo que ayudará en el proceso de toma de decisiones sobre la optimización de los recursos disponibles.
- La minimización de la propagación del NMP tendrá lugar en las zonas limítrofes entre áreas infectadas y no infectadas.

2. Zonas no infectadas:

- Riesgo alto de infección. La utilización del trapeo puede ir encaminado a:
 - Detección temprana de la enfermedad a través de la detección de vectores infectados (monitorización). Ventana de actuación: **junio-julio**.
 - Extracción de la posible población de *M. galloprovincialis* infectada que aparezca (si se sospecha que la entrada de la enfermedad es inminente). Ventana de actuación: **junio-julio**.
 - Extracción del máximo posible de población de *M. galloprovincialis* con el objetivo de generar una zona de menor incidencia potencial de la enfermedad, es decir, con baja abundancia de vectores. Ventana de actuación: **agosto-septiembre**.
- Riesgo bajo de infección. La decisión de gestión más probable será de carácter preventivo, mediante la monitorización de las poblaciones de *M. galloprovincialis* con el objetivo de conocer sus dinámicas poblacionales. Es decir, las trampas deberían ser colocadas en **agosto-septiembre**, cuando las capturas por trampa serán mayores.

Respecto a los diferentes parámetros que pueden regir la ubicación relativa de las trampas, algunos aspectos han sido analizados con anterioridad a esta memoria y se encuentran disponibles en la literatura. La colocación en altura de las trampas fue estudiada y discutida por BONIFÁCIO (2009) recomendándose su colocación a 5 m de altura, en la copa de los árboles (donde es más probable encontrar a los insectos), si la operatividad lo permite.

Los trabajos de ETXEBESTE et al. (2015) y SANCHEZ-HUSILLOS et al. (2015a) aportaron información práctica al respecto de la distancia de separación entre trampas o de la densidad de éstas para cumplir con los distintos objetivos: monitorización o extracción de población del vector.

ETXEBESTE et al. (2015) analizaron la dispersión de *M. galloprovincialis* dentro de un bosque continuo, ajustada a dos tipos de modelos: mecánico y empírico. El modelo mecánico mostró que el 50% de los individuos se dispersaban entre 480-532 m, mientras que el 99% de la población lo hacían a aproximadamente unos 2500 m. Sin embargo, la utilización de un modelo empírico ajustó que el 50% de la población alcanzaba los 230 m en su dispersión y que el 99% se dispersaba hasta los 3500 m. En este sentido, el modelo empírico proporcionó resultados más conservadores, por lo que se recomienda que sea preferiblemente éste el tenido en cuenta en decisiones de gestión. No obstante, conviene recordar que los resultados de ETXEBESTE et al. (2015) son referidos a masas continuas y que los resultados analizados en el Capítulo 5 de Mas (2016) de este trabajo parecen indicar que estos rangos de dispersión son mayores en casos de masas muy abiertas, mosaicos agroforestales o ausencia de árboles hospedantes en las inmediaciones.

Por otro lado, ETXEBESTE et al. (2015) estimaron el radio de acción estacional de estas trampas (*seasonal sampling range*), situándolo en un promedio de 535 m. Ésta es, por tanto, la distancia óptima que debe regir la colocación de trampas para monitorización de *M. galloprovincialis* (aproximadamente 500 m de radio alrededor de cada trampa o 1 km entre ellas). Complementariamente, en el mismo trabajo también se indicó que es necesaria una mayor densidad de trampas (o una menor distancia entre ellas) para llevar a cabo una captura masiva del

escarabajo de manera eficaz. Aunque el estudio está realizado sobre densidades moderadas de población del insecto, puede tomarse, como aproximación, una densidad aproximada de 1 trampa/ha, 60 m de radio o 120 m entre trampas para el trámpero masivo óptimo (ETXEBESTE et al. 2015, SANCHEZ-HUSILLOS et al. 2015a). Si bien otros estudios han criticado la aplicación de este método de reducción de población (ver TORRES-VILA et al. 2015), tales conclusiones pueden ser deberse al sesgo generado por la realización del estudio en un área muy inferior (200 x 200 m) a la capacidad dispersiva media de *M. galloprovincialis*.

Un nuevo aporte, en este sentido, suponen los resultados mostrados en el **Capítulo 5** de MAS (2016). Según éstos el lugar de colocación de las trampas está correlacionado con el número de capturas, de manera que, en caso de poder elegir, las trampas deberán estar colocadas en lugares visibles y en zonas cercanas a los límites de las masas del rodal que se quiera muestrear.

3. Tratamientos silvícolas. Un modelo de gestión enfocado al control del NMP

Como ya se ha indicado, la segunda herramienta de control del NMP aplicada en Europa y en la península ibérica es la selvicultura, en concreto, la tala y destrucción completa de los pies sintomáticos detectados antes del inicio del periodo de emergencia de *M. galloprovincialis* para evitar la dispersión de los vectores infectados.

Esta herramienta es un instrumento activo, aplicable a partir del momento en que la infección es detectada, y está concebida para frenar la dispersión de los vectores infectados. Su eficacia depende de la capacidad del gestor de detectar el mayor número posible de árboles sintomáticos y de su capacidad de destruirlos conforme a un calendario fijado en respuesta a la fenología de la emergencia de *M. galloprovincialis* (MAS, 2016, **Capítulo 2**)

Lo que a continuación se propone es un modelo de gestión selvícola diseñado específicamente para la gestión del NMP, tanto en lo referente a su prevención, contención o erradicación, que dé resultados con cierta celeridad y que pueda mantenerse en el futuro.

Existen una serie de factores clave a tener en cuenta a la hora de diseñar el modelo:

- Zona de implementación: Zona Infectada, Zona Tampón, Zona Libre de Plaga.
- Objetivos finales:
 - Reducir la probabilidad de dispersión de la enfermedad (reducir la probabilidad de infección)
 - Reducción del material hospedante
 - Reducción de la abundancia de población del vector de la enfermedad (*M. galloprovincialis*)
 - Incrementar la probabilidad de detección de la enfermedad y destrucción de los focos
 - Mejora de los sistemas de detección de los focos de infección (muestreos sistemáticos)

El objetivo de los modelos de gestión teóricos de *P. pinaster* es la consecución de una estructura de masa regular, con rotaciones de corta cada 15-20 años, recomendando dejar a los pies alcanzar una edad cercana a los 80-100 años para realizar una corta a hecho y una siembra posterior, aunque es frecuente, en montes de *P. pinaster* puro, que la corta a hecho se realice a mayor edad. En casos de montes ordenados de pinares resinados y en pinares del Sistema Ibérico, los turnos de corta se han establecido frecuentemente en los 100 años (JCYL 1901). Este modelo genera una fase, que se sitúa a una edad del arbolado comprendida entre los 20 y los 40 años, donde hay hiperdensidad, mucha competencia y, por tanto, aparición de decaimiento y muerte del arbolado (WYCKOFF y CLARK 2002, BRAVO-OVIEDO et al. 2006, LINARES et al. 2010). El nuevo modelo, por tanto, tiene como objetivo evitar esta fase de hiperdensidad en la que se producen decaimiento y muerte de pies de manera significativa, confundibles con pies sintomáticos de presencia de NMP. El principal factor de predisposición al decaimiento del pino rodeno relacionado con la estructura de la masa se debe a causas fisiológicas, en concreto, a una pérdida de funcionalidad en la estructura de movimiento de la savia. A altas densidades, y alta competencia entre pies, el crecimiento

primario en busca de la luz provoca copas muy mermadas y fustes muy altos y muy delgados, por lo que la traslocación de nutrientes se complica al no ser suficientemente grande la copa para mover la savia. Esto provoca la pérdida de vigor, la aparición de síntomas de decaimiento y, por tanto, el aumento de la susceptibilidad a plagas y enfermedades (WYCKOFF Y CLARK 2002, BRAVO-OVIEDO et al. 2006, LINARES et al. 2010).

El modelo planteado se basa en los criterios para la ordenación forestal recogidos por PROSILVA para la aplicación de selvicultura próxima a la naturaleza (LANDA 2009, GARCÍA GÜEMES Y CALAMA 2013, PASCUAL et al. 2013, SABÍN GALÁN 2013, SABÍN GALÁN et al. 2013). Este tipo de ordenación establece criterios que se ajustan a los requerimientos del problema concreto provocado por la dispersión de la PWD a la vez que responde a los principios fundamentales que debe garantizar la gestión forestal sostenible: persistencia, conservación, mejora de la capacidad productiva de suelo y vuelo, y máximo rendimiento de bienes y servicios para la sociedad (SABÍN GALÁN et al. 2013).

SABÍN GALÁN et al. (2013) definen los cambios fundamentales que deben realizarse en la redacción de planes de gestión bajo criterios de selvicultura próxima a la naturaleza, muchos de los cuales son perfectamente aplicables al modelo propuesto. La ordenación según los criterios establecidos supone redefinir algunos de los conceptos clásicos utilizados y afrontar algunas de las partes desde una perspectiva diferente. No obstante, la mayor parte del contenido es coincidente con los Planes de Gestión Forestal Sostenible (PGFS) tradicionales (SABÍN GALÁN 2013, SABÍN GALÁN et al. 2013). Dentro de este marco conceptual, y en respuesta a los resultados mostrados en el Capítulo 5.3 de esta MAS (2016), el modelo fundamental que mejor se adapta a la consecución de los objetivos planteados es la **entresaca**, aunque ésta debe cumplir una serie de características. El objetivo de la aplicación de los criterios selvícolas que se exponen a continuación será la consecución de una estructura de masa irregular, con espesura incompleta y no trabada, mucho vigor, sin solapamiento de copas ni existencia de masa debajo de las mismas y de baja densidad.

La aplicación del modelo estará supeditada a la accesibilidad y a la posibilidad física de practicar la selvicultura. Por su parte, las diferentes características del modelo deberán adaptarse a la situación de las masas a gestionar, principalmente existencias y crecimiento.

En caso de pinares abiertos no es de aplicación el modelo silvícola planteado. Estos pinares ya estarán suficientemente abiertos como para permitir una inspección eficiente. La retirada de pies decadentes o recién muertos, inevitablemente, deberá responder a cortas específicas, no siempre rentables. En cualquier caso, la superficie mínima de actuación para mejora de la rentabilidad económica será consecuentemente mayor.

Para el caso de pinares suficientemente capitalizados, es decir, con suficientes pies por hectárea, se describen los aspectos fundamentales del modelo de gestión propuesto:

Objetivos

1. Llevar la masa a una estructura irregular y de baja densidad con volúmenes objetivo de 150-200 m³/ha
2. Que la gestión silvícola sea rentable o autofinanciable. La inversión inicial (y la rentabilidad) dependerá en gran medida de la dotación de infraestructura (básicamente la red de pistas) de la zona.

Características del modelo silvícola a aplicar a masas con el volumen objetivo:

- Rotaciones de corta cada 5 y 7 años, es decir, con mucha frecuencia (SABÍN GALÁN 2013), lo que permitirán visitar (y gestionar) toda la superficie cada poco tiempo, para evitar grandes periodos sin revisión que puedan dar lugar a mortalidades/decaimientos del arbolado. De esta forma se facilitará la inspección de la enfermedad.
- En cada corta se sacará más de 25-30 m³/corta, que es el **Límite Inferior Comercial**, para que sea rentable y ejecutable. Este volumen deberá ser similar al crecimiento de la masa en ese periodo. Se consideran, como cifras de referencia, crecimientos de 4 m³/ha×año para las calidades medias de estación y 7 m³/ha×año para las calidades altas (ABEJÓN Y LORANCA 1989). Para estos crecimientos se plantearán dos períodos de rotación. La superficie mínima para su aplicación será de 10-20 ha.

- Se plantean dos modelos silvícolas diferentes en función de la calidad de estación, con dos periodos de rotación y masas objetivo diferentes:
 - Buena calidad de estación: se llevará a unas existencias de 200 m³/ha, con periodo de rotación de 5 años.
 - Calidad media de estación: se llevará a unas existencias de 150 m³/ha, con periodo de rotación de 7 años.

Diseño de actuaciones

Primera intervención

Para todas las masas:

- Apertura y establecimiento (si no existe) de una red de pistas adecuada.
- Apertura y establecimiento de una Red de Vías de Saca:
- Criterios de selección de árboles de porvenir:
 - Selección en función del vigor (tamaño de copa).
 - Extracción de pies dominados y poco vigorosos.
 - Selección enfocada a la individualización de copas.
 - Como orientación para la selección pueden contemplarse las siguientes características en los árboles de porvenir: clase sociológica dominante o codominante, copa equilibrada o con posibilidad de reequilibrarse, ramas delgadas, distancia entre pies mayor de 6 m salvo cuando dos pies cercanos presenten un modelo de crecimiento unitario, buena calidad tecnológica del fuste, recto y sin defectos (a igualdad de condiciones de vigor).

Para las masas jóvenes regulares:

- Claras moderadas. Se abrirán las calles y se cortarán los pies enfermos, los dominados y todos aquellos que tengan mayor posibilidad de morir en los próximos años. Por último, se eliminará algo de competencia a los mejores pies seleccionados. De este modo la masa continuará capitalizándose y se podrá volver a intervenir en la misma en un periodo corto de rotación.
- Objetivo: evitar la fase no deseable (edades 20-40 años) de exceso de densidad arbórea, en la que hay mucha competencia y mucho decaimiento/mortalidad.

Para las masas adultas capitalizadas:

- Claras fuertes: Extracción que puede ser mayor del 30% de la masa. Aproximadamente el 20% puede abrirse para la realización de vías de saca. En las masas en las que sea posible, se intentará dejar la masa en los volúmenes objetivo: 150-200 m³/ha.

Intervenciones posteriores

Para las masas adultas capitalizadas:

- Rotación de corta cada 5-7 años. Corta del crecimiento. La masa crecerá a un ritmo de 4-7 m³/ha/año. Se cortará de 25 a 30 m³/corta (Límite Inferior Comercial)
- El criterio de selección de los árboles de porvenir seguirá siendo en función del vigor (tamaño de la copa). No se utilizarán criterios basados en las calidades (calidad de la madera, del fuste, etc.) ni por diámetros, salvo en igualdad de condiciones de vigor. Los árboles adultos que no tengan un especial valor ecológico o que no aumenten su valor económico por no tener buena calidad tecnológica o buen crecimiento se podrán eliminar para dar paso al arbolado joven o bien para abrir huecos con el fin de promover la regeneración.
- El objetivo será tener una Fracción de Cabida Cubierta (FCC) del 60-70% con espesura incompleta y pies muy vigorosos.
- Señalamiento de la Corta:
 - Pies con decaimiento y poco vigorosos

- Corta de cosecha de arbolado adulto con dos objetivos, individualizar las copas y abrir huecos. Estos huecos serán colonizados rápidamente por regenerado, que será clareado en la siguiente intervención que se realice en la masa.
- La corta será diferente en:
 - Regenerado: cortas de mejora (dejando 2 pies/hueco)
 - Masa joven: cortas para la individualización de copas, sin abrir huecos.
 - Masa adulta: cortas para la individualización de copas y apertura de huecos.
- La madera se clasificará en las siguientes clases: madera aserrada, embalaje y trituración

Mejoras del modelo

- Cumple los objetivos planteados:
 - Disminución del material hospedante de *M. galloprovincialis*. Por tanto, tendencia a la disminución de la población del insecto.
 - Disminución de la presencia de pies decadentes por causas naturales que puedan confundir en la prospección de árboles sintomáticos de afección de NMP. Por tanto, mejora en la prospección de la enfermedad.
 - Facilitación de la prospección de árboles sintomáticos de presencia de NMP como consecuencia de llevar la masa a una estructura de baja densidad de pies.
- Se distribuye la inversión del clareo en el tiempo.
- No se fuerza la regeneración de una sola especie: Selvicultura Adaptativa.
- Permite versatilidad y capacidad de adaptación a un mercado de la madera cambiante. Se obtiene un monte similar siempre a lo largo del tiempo (irregular)
- La productividad del monte no cambia con el modelo de gestión. En este caso será 4-5 m³/ha×año aproximadamente.
- Se corta cada árbol en su momento. Un árbol vigoroso que tenga buena calidad y esté aumentando su valor económico cada año que pase, puede ser que un árbol se corte con 80 cm de diámetro y 140 años de edad.
- La FCC del estrato dominante será aproximadamente del 60%. El resto (40%) serán huecos en regeneración.
- Las calles de desembosque y las pistas harán el monte transitable.
- Se evitan los costes de la regeneración artificial y los posibles problemas para la regeneración derivados de la apertura de superficies demasiado grandes, como la desecación producida por el exceso de insolación.
- Se evitan las cortas a hecho, que pueden provocar dispersiones más largas de *M. galloprovincialis* a la vez que generan impacto visual y rechazo social.
- Permite mantener el uso recreativo del monte.

4. Agradecimientos

A Íñigo García Quintana y a Pablo Sabín Galán.

5. Bibliografía

- ABEJÓN, J. G. y J. G. LORANCA (1989). Tablas de producción de densidad variable para "Pinus pinaster Ait." en el Sistema Central.
- ABELLEIRA, A., A. PICOAGA, J. P. MANSILLA y O. AGUIN (2011). Detection of *Bursaphelenchus xylophilus*, Causal Agent of Pine Wilt Disease on *Pinus pinaster* in Northwestern Spain. *Plant Disease* 95(6): 776-776.

ÁLVAREZ, G., I. ETXEBESTE, D. GALLEGÓ, G. DAVID, L. BONIFACIO, H. JACTEL, E. SOUSA y J. A. PAJARES (2015). Optimization of traps for live trapping of Pine Wood Nematode vector *Monochamus galloprovincialis*. *Journal of Applied Entomology* 139(8): 618-626.

AMEZAGA, I. y M. Á. RODRÍGUEZ (1998). Resource partitioning of four sympatric bark beetles depending on swarming dates and tree species. *Forest Ecology and Management* 109(1): 127-135. BERGER, P. (2012). Coléoptères Cerambycidae de la faune de France continentale et de Corse: actualisation de l'ouvrage d'André Villiers, 1978, ARE.

BLANCKENHORN, W. U., A. F. G. DIXON, D. J. FAIRBAIRN, M. W. FOELLMER, P. GIBERT, K. VAN DER LINDE, R. MEIER, S. NYLIN, S. PITNICK, C. SCHOFF, M. SIGNORELLI, T. TEDER y C. WIKLUND (2007). Proximate causes of Rensch's rule: Does sexual size dimorphism in arthropods result from sex differences in development time? *American Naturalist* 169(2): 245-257.

BOGICH, T. L., A. M. LIEBHOOLD y K. SHEA (2008). To sample or eradicate? A cost minimization model for monitoring and managing an invasive species. *Journal of Applied Ecology* 45(4): 1134-1142.

BONIFÁCIO, L. F. P. (2009). Impacte e evolução da doença da murchidão dos pinheiros (pine wilt disease) na zona afectada a sul do Rio Tejo.

BRAVO-OVIEDO, A., H. STERBA, M. DEL RÍO y F. BRAVO (2006). Competition-induced mortality for Mediterranean Pinus pinaster Ait. and P. sylvestris L. *Forest Ecology and Management* 222(1): 88-98.

BROCKERHOFF, E. G., A. M. LIEBHOOLD y H. JACTEL (2006). The ecology of forest insect invasions and advances in their management. *Canadian Journal of Forest Research* 36(2): 263-268.

COULSON, R. N., A. M. MAYYASI, J. L. FOLTZ y F. P. HAIN (1976). Interspecific competition between *Monochamus titillator* and *Dendroctonus frontalis*. *Environmental Entomology* 5(2): 235-247.

DAVID, G., B. GIFFARD, D. PIOU y H. JACTEL (2014). Dispersal capacity of *Monochamus galloprovincialis*, the European vector of the pine wood nematode, on flight mills. *Journal of Applied Entomology* 138(8): 566-576.

DODDS, K. J., C. GRABER y F. M. STEPHEN (2001a). Facultative intraguild predation by larval Cerambycidae (Coleoptera) on bark beetle larvae (Coleoptera : Scolytidae). *Environmental Entomology* 30(1): 17-22.

DODDS, K. J., C. GRABER y F. M. STEPHEN (2001b). Facultative intraguild predation by larval Cerambycidae (Coleoptera) on bark beetle larvae (Coleoptera: Scolytidae). *Environmental Entomology* 30(1): 17-22.

ETXEBESTE, I., G. ÁLVAREZ y J. PAJARES (2013a). Log colonization by *Ips sexdentatus* prevented by increasing host unsuitability signaled by verbenone. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 147(3): 231-240.

ETXEBESTE, I., G. ÁLVAREZ, G. PÉREZ y J. A. PAJARES (2012). Field response of the six-toothed pine bark beetle, *Ips sexdentatus* (Col.: Curculionidae, Scolytinae), to pheromonal blend candidates. *Journal of Applied Entomology* 136: 431-444.

ETXEBESTE, I., J. L. LENCIÑA y J. PAJARES (2013b). Saproxylic community, guild and species responses to varying pheromone components of a pine bark beetle. *Bulletin of Entomological Research* 103: 497-510.

ETXEBESTE, I., E. SANCHEZ-HUSILLOS, G. ÁLVAREZ, H. MAS I GISBERT y J. PAJARES (2015). Dispersal of *Monochamus galloprovincialis* (Col.: Cerambycidae) as recorded by mark-release recapture using pheromone traps. *Journal of Applied Entomology*: In press.

FLAMM, R., R. COULSON, P. BECKLEY, P. PULLEY y T. WAGNER (1989). Maintenance of a phloem-inhabiting guild. *Environmental Entomology* 18(3): 381-387.

FRANCARDI, V. y F. PENNACCHIO (1996). Note sulla bioecologia di *Monochamus galloprovincialis* (Olivier) in Toscana e in Liguria (Coleoptera Cerambycidae). *Redia* 79: 153-169.

FUTAI, K. (2013). Pine Wood Nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. *Annual Review of Phytopathology* 51(1): 61-83.

GALLEGÓ, D., F. SANCHEZ-GARCÍA, H. MAS, M. CAMPO y J. L. L. GUTIÉRREZ (2012). Estudio de la capacidad de vuelo a larga distancia de " *Monochamus galloprovincialis*"(Olivier 1795).(Coleoptera: Cerambycidae) en un mosaico agro-forestal. *Boletín de sanidad vegetal. Plagas* 38(1): 109-124.

GARCÍA GÜEMES, C. y R. CALAMA (2013). La Selvicultura próxima a la naturaleza como estrategia adaptativa al cambio climático. Congresos Forestales.

GIESEN, H., U. KOHNLE, J. VITÉ, M. L. PAN y W. FRANCKE (1984). Das aggregationspheromon des mediterranen Kiefernborkenkäfers *Ips (Orthotomicus) erosus*. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 98(1-5): 95-97.

HARAN, J., A. ROQUES, A. BERNARD, C. ROBINET y G. ROUX (2015). Altitudinal Barrier to the Spread of an Invasive Species: Could the Pyrenean Chain Slow the Natural Spread of the Pinewood Nematode? *PLoS ONE* 10(7): e0134126.

HELLRIGL, K. G. (1971). Die Bionomie der europäischen *Monochamus*-Arten (Coleopt., Cerambycid.) und ihre Bedeutung für die Forst und Holzwirtschaft. *Redia* 52: 367-509.

HOCH, G., D. MITTERMAYR y H. KREHAN (2015). Monochamus-Arten als potenzielle Vektoren des Kiefernholznematoden in Österreich: Lockstofffallen zum Monitoring des Fluges. *Forstschutz Aktuell* 60(61): 61.

HUERTA, A., F. ROBREDO, J. DIEZ y J. A. PAJARES (2004). Life-cycle characteristics of *Tetrastichus turionum*, a parasitoid of the European pine shoot moth, *Rhyacionia buoliana*. *Journal of Applied Entomology* 128(9-10): 628-632.

HUNTER, M. D. (2009). Trophic promiscuity, intraguild predation and the problem of omnivores. *Agricultural and Forest Entomology* 11(2): 125-131.

IBEAS, F., D. GALLEGÓ, J. DIEZ y J. PAJARES (2007). An operative kairomonal lure for managing pine sawyer beetle *Monochamus galloprovincialis* (Coleoptera: Cerambycidae). *Journal of Applied Entomology* 131(1): 13-20.

INÁCIO, M. L., F. NÓBREGA, P. VIEIRA, L. BONIFÁCIO, P. NAVES, E. SOUSA y M. MOTA (2015). First detection of *Bursaphelenchus xylophilus* associated with *Pinus nigra* in Portugal and in Europe. *Forest Pathology* 45(3): 235-238.

JCYL (1901). Proyecto de Ordenación del Monte de Utilidad Pública núm. 105, 'Pinar Viejo'. Coca (Segovia). Junta de Castilla y León.

KOUTROUMPA, F. A., B. VINCENT, G. ROUX-MORABITO, C. MARTIN y F. LIEUTIER (2008). Fecundity and larval development of *Monochamus galloprovincialis* (Coleoptera Cerambycidae) in experimental breeding. *Annals of Forest Science* 65(7).

LANDA, F. (2009). Aplicación de Selvicultura Prosilva en montes privados, aplicación práctica en un monte de pino silvestre. Congresos Forestales.

LINALES, J. C., J. J. CAMARERO y J. A. CARREIRA (2010). Competition modulates the adaptation capacity of forests to climatic stress: insights from recent growth decline and death in relict stands of the Mediterranean fir *Abies pinsapo*. *Journal of Ecology* 98(3): 592-603.

MAGRAMA. (2015). "Nematodo de la madera del pino." 2015, de <http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/nematodo-de-la-madera-del-pino/#>.

MAS H. (2016). Fenología y capacidad de dispersión de *monochamus galloprovincialis* (Olivier 1795) en la península Ibérica (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid).

MILLER, M. C. (1984). Mortality contribution of insect natural enemies to successive generations of *Ips calligraphus* (Germar)(Coleoptera, Scolytidae) in loblolly pine. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 98(1-5): 495-500.

MILLER, M. C. (1985). The effect of *Monochamus titillator* (F.)(Col., Cerambycidae) foraging on the emergence of *Ips calligraphus* (Germ.)(Col., Scolytidae) insect associates. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 100(1-5): 189-197.

MOTA, M. M., H. BRAASCH, M. A. BRAVO, A. C. PENAS, W. BURGERMEISTER, K. METGE y E. SOUSA (1999). First report of *Bursaphelenchus xylophilus* in Portugal and in Europe. *Nematology* 1: 727-734.

NAVES, P., S. CAMACHO, E. DE SOUSA y J. QUARTAU (2007). Transmission of the pine wood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* through feeding activity of *Monochamus galloprovincialis* (Col., Cerambycidae). *Journal of Applied Entomology* 131(1): 21-25.

NAVES, P. M. y E. M. DE SOUSA (2009). Threshold temperatures and degree-day estimates for development of post-dormancy larvae of *Monochamus galloprovincialis* (Coleoptera: Cerambycidae). *Journal of Pest Science* 82(1): 1-6.

PAJARES, J. A., G. ALVAREZ, F. IBEAS, D. GALLEGOS, D. R. HALL y D. I. FARMAN (2010). Identification and field activity of a male-produced aggregation pheromone in the pine sawyer beetle, *Monochamus galloprovincialis*. *Journal of Chemical Ecology* 36(6): 570-583.

PAJARES, J. A., F. IBEAS, J. J. DIEZ y D. GALLEGOS (2004). Attractive responses by *Monochamus galloprovincialis* (Col., Cerambycidae) to host and bark beetle semiochemicals. *Journal of Applied Entomology* 128(9-10): 633-638.

PARK, C., D. KIM, S. LEE, Y. MOON, Y. CHUNG y D. S. KIM (2014). A forecasting model for the adult emergence of overwintered *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae) larvae based on degree-days in Korea. *Applied Entomology and Zoology* 49(1): 35-42.

PASCUAL, A., P. SABÍN, A. FERNÁNDEZ, F. BRAVO, C. ORDÓÑEZ, F. RODRÍGUEZ y F. SOSTENIBLE (2013). Los señalamientos forestales: una herramienta imprescindible para mejorar nuestros bosques. *Forestal*(57): 54-57.

RASSATI, D., M. FACCOLI, L. MARINI, R. A. HAACK, A. BATTISTI y E. P. TOFFOLO (2015a). Exploring the role of wood waste landfills in early detection of non-native wood-boring beetles. *Journal of Pest Science*: 1-10.

RASSATI, D., M. FACCOLI, E. PETRUCCO TOFFOLO, A. BATTISTI y L. MARINI (2015b). Improving the early detection of alien wood-boring beetles in ports and surrounding forests. *Journal of Applied Ecology* 52(1): 50-58.

RASSATI, D., E. P. TOFFOLO, A. ROQUES, A. BATTISTI y M. FACCOLI (2014). Trapping wood boring beetles in Italian ports: a pilot study. *Journal of Pest Science* 87(1): 61-69.

ROBERTSON, L., S. C. ARCOS, M. ESCUER, R. S. MERINO, G. ESPARRAGO, A. ABELLERA y A. NAVAS (2011). Incidence of the pinewood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* Steiner & Buhrer, 1934 (Nickle, 1970) in Spain. *Nematology* 13: 755-757.

SABÍN GALÁN, P. (2013). Retos y oportunidades de la gestión bajo criterios de Selvicultura Próxima a la Naturaleza en el norte peninsular. Congresos-CARGA FINAL.

SABÍN GALÁN, P., M. ZURITA LAINA, T. VILLA y P. RODRIGUEZ-NORIEGA (2013). Redacción de proyectos de ordenación bajo criterios de selvicultura próxima a la naturaleza. Congresos Forestales. SANCHEZ-HUSILLOS, E., I. ETXEBESTE y J. PAJARES (2015a). Effectiveness of mass trapping in the reduction of *Monochamus galloprovincialis* Olivier (Col.: Cerambycidae) populations. *Journal of Applied Entomology*.

SANCHEZ-HUSILLOS, E., I. ETXEBESTE y J. PAJARES (2015b). Physiological development and dispersal ability of newly emerged *Monochamus galloprovincialis* (Coleoptera: Cerambycidae). *Entomologia Experimentalis Et Applicata*: Enviado.

SEYBOLD, S. J., J. C. LEE, A. LUXOVA, S. M. HAMUD, P. JIROŠ y R. L. PENROSE (2006). Chemical ecology of bark beetles in California's urban forests. *I. CITRUS AND BIOLOGICAL CONTROL. YESTERDAY, TODAY, TOMORROW*: 87.

SINCLAIR, B. J., C. M. WILLIAMS y J. S. TERBLANCHE (2012). Variation in Thermal Performance among Insect Populations*. *Physiological and Biochemical Zoology* 85(6): 594-606.

SOLIMAN, T., M. C. MOURITS, W. VAN DER WERF, G. M. HENGVELD, C. ROBINET y A. G. O. LANSINK (2012). Framework for modelling economic impacts of invasive species, applied to pine wood nematode in Europe.

SOUSA, E., M. A. BRAVO, J. PIRES, P. NAVES, A. C. PENAS, L. BONIFACIO y M. M. MOTA (2001). *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda; Aphelenchoididae) associated with *Monochamus galloprovincialis* (Coleoptera; Cerambycidae) in Portugal. *Nematology* 3: 89-91.

TOGASHI, K. y N. SHIGESADA (2006). Spread of the pinewood nematode vectored by the Japanese pine sawyer: modeling and analytical approaches. *Population Ecology* 48(4): 271-283.

TORRES-VILA, L. M., C. ZUGASTI, J. M. DE-JUAN, M. J. OLIVA, C. MONTERO, F. J. MENDIOLA, Y. CONEJO, Á. SÁNCHEZ, F. FERNÁNDEZ, F. PONCE y G. ESPARRAGO (2015). Mark-recapture of *Monochamus galloprovincialis* with semiochemical-baited traps: population density, attraction distance, flight behaviour and mass trapping efficiency. *Forestry* 88(2): 224-236.

VICENTE, C., M. ESPADA, P. VIEIRA y M. MOTA (2012). Pine Wilt Disease: a threat to European forestry. *European Journal of Plant Pathology* 133(1): 89-99.

WYCKOFF, P. H. y J. S. CLARK (2002). The relationship between growth and mortality for seven co-occurring tree species in the southern Appalachian Mountains. *Journal of Ecology* 90(4): 604-615.
YOSHIMURA, A., K. KAWASAKI, F. TAKASU, K. TOGASHI, K. FUTAI y N. SHIGESADA (1999). Modeling the spread of pine wilt disease caused by nematodes with pine sawyers as vector. *Ecology* 80(5): 1691-1702.

ZAMORA, P., V. RODRÍGUEZ, F. RENEDO, A. V. SANZ, J. C. DOMÍNGUEZ, G. PÉREZ-ESCOLAR, J. MIRANDA, B. ÁLVAREZ, A. GONZÁLEZ-CASAS, E. MAYOR, M. DUEÑAS, A. MIRAVALLES, A. NAVAS, L. ROBERTSON y A. B. MARTÍN (2015). First Report of *Bursaphelenchus xylophilus* Causing Pine Wilt Disease on *Pinus radiata* in Spain. *Plant Disease*: PDIS-03-15-0252-PDN.