



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-204

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

1 La red Europea de Bosques Mixtos EuMIXFOR. Oportunidades y perspectivas de Gestión e 2 Investigación en masas mixtas

3

4 BRAVO-OVIEDO, A.^{1,2,3}, RUIZ-PEINADO, R.^{1,2,4}

5

6 ¹ Departamento de Selvicultura y Gestión de Sistemas Forestales. INIA-CIFOR, Ctra. A Coruña km. 7,5 28040 Madrid7 ² Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible. IuFOR Universidad de Valladolid & INIA8 ³ Coordinador de la Acción COST FP1206 EuMIXFOR9 ⁴ Grant Holder Manager de la Acción COST FP1206 EuMIXFOR

10

11 Resumen

12

13 En los últimos años el papel mitigador de los bosques mixtos ante el cambio global ha cobrado una
14 relevancia especial a nivel europeo y mundial. Las masas pluri-específicas pueden ser en algunos casos
15 más productivas y resistentes ante perturbaciones que las masas puras y proporcionan más servicios
16 que éstas últimas, especialmente aquellos relacionados con el mantenimiento de la biodiversidad y los
17 paisajísticos. En el marco de criterios e indicadores de sostenibilidad la presencia de más de una
18 especie arbórea se considera como un valor indicativo del mantenimiento, conservación y mejora de la
19 diversidad biológica. Bajo estas premisas en 2013 se creó la Red Europea de Bosques Mixtos
20 (EuMIXFOR) financiada por COST (*European Cooperation in Science and Technology*) en la que
21 representantes científicos y gestores de más de 30 países pan-Europeos y de otros continentes analizan
22 las oportunidades de este tipo de masas forestales con el fin de entender la respuesta ecológica frente
23 a perturbaciones (cambio climático, incendios...) y establecer criterios de gestión adaptativa en masas
24 mixtas. El objetivo de este trabajo es presentar los principales resultados obtenidos en EuMIXFOR en el
25 periodo 2013-2017.

26

27 Palabras clave

28 Masas pluriespecíficas, Europa, biodiversidad, producción, resiliencia, cambio global

29

30

31 1. Introducción

32

33 Los bosques son fuente de servicios ambientales esenciales para la vida en la Tierra. Los
34 procesos que generan dichos servicios incluyen, entre otros, la fijación de carbono y su expresión en
35 crecimiento de estructuras, la descomposición de la materia orgánica y su papel en el reciclado de
36 nutrientes o la evapotranspiración y su influencia en el ciclo hidrológico. La conservación de estos
37 procesos es fundamental para que la gestión forestal sea sostenible.

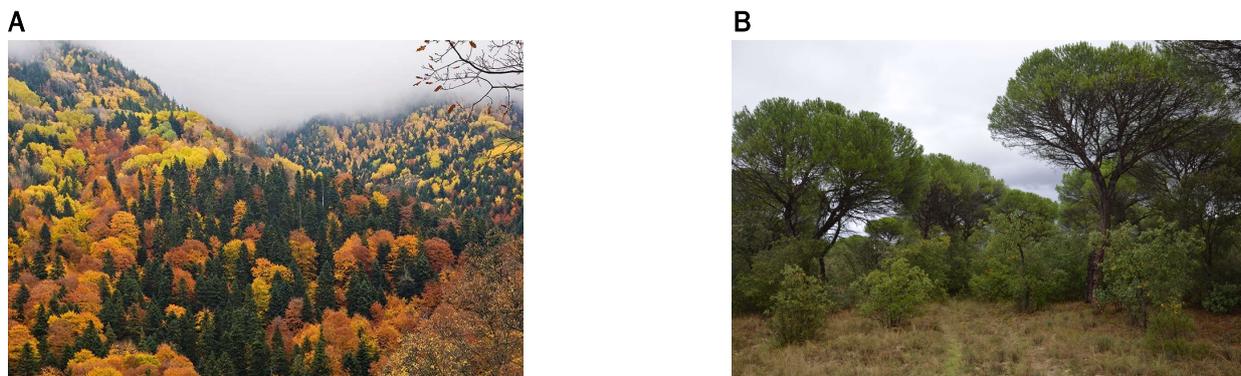
38

39 La investigación forestal se ha caracterizado por analizar el efecto de los tratamientos selvícolas
40 en la generación de bienes y servicios, principalmente la producción de recursos naturales (madera,
41 resinas, corcho) o el control de la erosión mediante la restauración forestal, existiendo cierto sesgo en
42 los estudios hacia masas mono-específicas. No obstante, la diversidad de las masas forestales
43 españolas, medida como la superficie forestal ocupada por más de dos especies arbóreas, alcanza el
44 80%, aunque oficialmente la superficie catalogada como mixta a efectos de estadísticas se reduce al
45 8% (MAGRAMA, 2014). En España se considera mixto aquel bosque donde una única especie no
46 alcanza el 70% de ocupación (MAGRAMA, 2014).

47

48 Esta disparidad (bosques mixtos vs. número de especies presentes en el bosque) ocurre también
49 a nivel europeo donde la superficie forestal clasificada como mixta es del 20%, entendiendo como mixta
50 la mezcla de conífera y frondosas. Si se amplía esta definición de mezcla cerca del 70% de los bosques
51 Europeos están dominados por dos o más especies. Ante estos datos cabe preguntarse si se está
52 definiendo bien lo que es un bosque mixto. Es llamativo como la percepción de un bosque mixto es

53 diferente en función de la definición que se utilice y como se pueden dar aparentes contradicciones
 54 como la de clasificar un bosque monoespecífico y, a la vez, diverso (Figura 1)
 55



56 *Figura 1. Distintas percepciones de bosque mixto. A. Masa pluriespecífica de haya, abeto blanco y abeto rojo, Montañas de*
 57 *Rila (Bulgaria). B. Masa pluriespecífica de pino piñonero y quejigo en Valladolid. De acuerdo con la definición del MAGRAMA*
 58 *contabilizaría como bosque puro con más de dos especies arbóreas (!).*
 59 *Foto A cortesía de Tzvetan Zlatanov, foto B cortesía de Rafael Calama*
 60

61 Como casi siempre en la historia de la gestión forestal, el cambio de gestión ha sido precedido
 62 por un cambio de la actitud de la Sociedad hacia los bosques, de los que se demandan cumplan todas
 63 sus funciones, no solo las productivas. La creciente preocupación por la pérdida de biodiversidad y las
 64 consecuencias negativas que acarrea en términos de pérdida de resiliencia ante el cambio global ha
 65 orientado la gestión en muchas partes del Mundo hacia la diversificación. En Europa la tendencia es a
 66 disminuir el porcentaje de superficie forestal monoespecífica con una tasa de 0.6% anual desde 1990
 67 (FOREST EUROPE, 2015), aunque a nivel mundial la superficie destinada a plantaciones
 68 monoespecíficas está aumentando, dado el aumento de la demanda de madera (FAO, 2015).
 69

70 El aumento de la importancia de los bosques mixtos ha abierto interesantes preguntas que desde
 71 el ámbito científico están generando resultados aplicables en la gestión de estos bosques. Preguntas
 72 como ¿qué mezcla de especies está mejor adaptada a las condiciones climáticas y a las demandas de
 73 la sociedad?, ¿son los bosques mixtos más productivos que los monoespecíficos? ¿Cuáles son los
 74 mecanismos que permiten la coexistencia de dos especies en un mismo lugar? ¿Prefiere siempre la
 75 Sociedad un bosque mixto frente a un bosque puro? ¿Cómo afectan los procesos y las funciones de los
 76 bosques mixtos a los servicios ambientales?.

77 Este tipo de preguntas ha reunido a investigadores de más de 30 países en torno a una Acción
 78 COST (*European Cooperation in Science and Technology*, www.cost.eu) en la que se creó la red
 79 Europea de investigación en bosques mixtos (EuMIXFOR, www.mixedforests.eu) y cuyos objetivos,
 80 estructura y principales resultados se presentan en esta comunicación.
 81

82 83 2. Objetivos de EuMIXFOR

84 El propósito de EuMIXFOR es establecer una red de investigación que contribuya al aumento del
 85 conocimiento, la sostenibilidad de la gestión y el incremento, conservación y mejora de los bosques
 86 mixtos, sobre la base de la innovación y el desarrollo rural. Los objetivos específicos de la red son:
 87

- 88 89 1. Proporcionar una visión robusta del papel que los bosques mixtos pueden jugar en la
 90 generación de servicios ecosistémicos en las distintas bioregiones de Europa: Boreal,
 91 Atlántica templada, Continental templada, Montañosa y Mediterránea, incluyendo la
 92 comparación con otras regiones del Mundo.
- 93 94 2. Determinar cómo reaccionan los bosques mixtos ante retos globales que afectan las
 necesidades de la Sociedad.

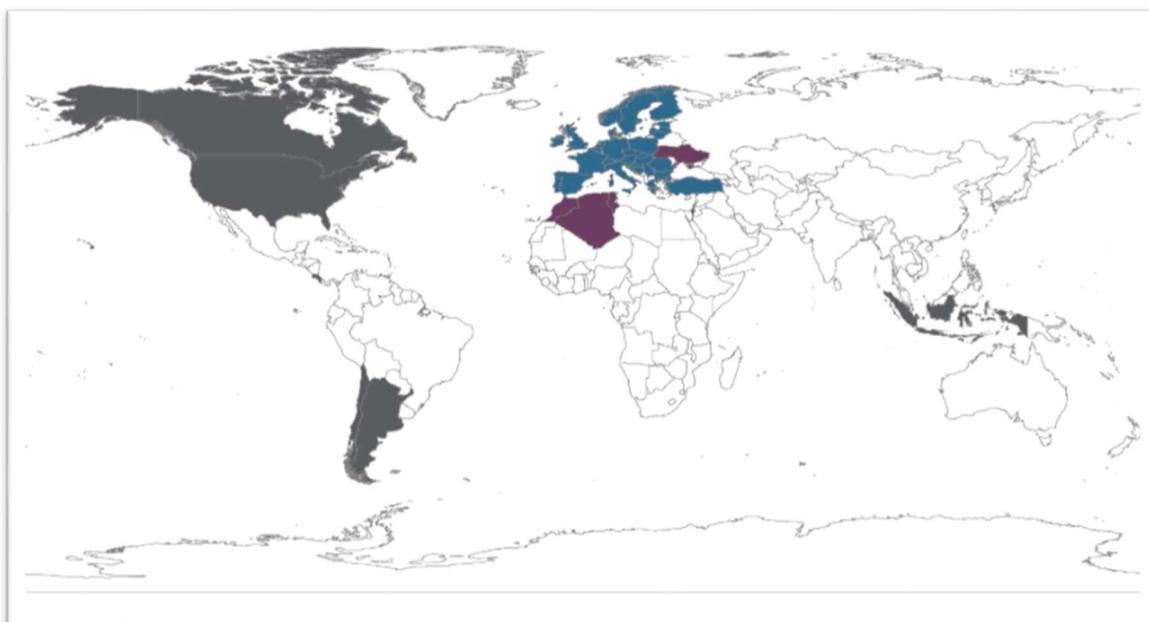
- 95 3. Identificar prácticas selvícolas y herramientas de apoyo a la toma de decisiones para la
 96 creación de una gestión sostenible de bosques heterogéneos.
 97 4. Establecer acciones, tales como protocolos, experimentos o metodologías comunes, que
 98 permitan obtener resultados comparables y transferibles a los grupos de interés
 99 (políticos, gestores, propietarios y usuarios).

100 3. Metodología

101 El marco financiador para la creación y actividad de EuMIXFOR en los últimos cuatro años ha sido
 102 COST Association (*European Cooperation in Science and Technology*, www.cost.eu). Se trata de una
 103 agencia financiadora de la Comisión Europea que promueve la creación de redes de investigación e
 104 innovación en la que pueden participar investigadores, ingenieros, estudiantes, empresas e
 105 instituciones de 36 países Europeos, denominados países COST, un país cooperante (Israel), 17 países
 106 vecinos (NNC, *near neighboug countries*, incluyendo entre otros a Rusia, y países de la orilla sur del
 107 Mediterráneo y de Oriente próximo) e instituciones socias localizadas en 29 países (ICP, *International*
 108 *Country parnerts*), como por ejemplo EE.UU., Canadá, Argentina, Australia o Indonesia. Una lista
 109 completa de países vinculados a COST se puede consultar en www.cost.eu
 110
 111

112 Las herramientas que COST pone a disposición de las redes son organización de talleres y cursos
 113 formativos, conferencias, workshops, actividades de transferencia y estancias breves de investigación
 114 con un presupuesto medio de 137.000 EUR por año para una Acción compuesta de 24 países.
 115
 116

117 EuMIXFOR fue aprobada el 21 de noviembre de 2012 y entró en funcionamiento el 19 de febrero
 118 de 2013 bajo el código FP1206. La red consta de 31 países COST, incluido Israel, 5 instituciones de
 119 países vecinos (NNC) y 7 instituciones de 6 países ICP. La figura 2 muestra el alcance global de los
 120 miembros de la red. La financiación COST terminó el 18 de febrero de 2017, no así la red.
 121
 122



123 *Figura 2. Países con Instituciones asociadas a la Acción COST FP1206 EuMIXFOR. En azul países COST, en morado NNC y en gris*
 124 *IPC (ver texto y www.mixedforests.eu para detalles)*
 125
 126

127 La Acción se estructura en un Comité de Administración con dos representantes por país, más
 128 reservas, cuya coordinación se ha realizado desde España, siendo la primera Acción COST de temática
 129 forestal coordinada íntegramente desde nuestro país. La forma de gestionar los fondos es a través de

130 un Acuerdo anual (*Grant Agreement*) firmado entre la dirección de COST y la dirección del órgano Gestor
 131 (*Grant Holder*), en este caso el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.
 132

133 Ante el Comité de Gestión rinde cuentas el Coordinador y los responsables de los grupos de
 134 trabajo, de las estancias breves y el órgano Gestor. Los grupos de trabajo en los que se divide la Acción
 135 se muestran a continuación junto con sus principales líneas de trabajo:
 136

137 Grupo de Trabajo 1. *Dinámica y Funcionamiento de Bosques Mixtos*, donde se analiza los efectos
 138 e impactos del cambio global en los bosques mixtos, en concreto sobre la estabilidad, biodiversidad y
 139 servicios ecosistémicos.
 140

141 Grupo de Trabajo 2. *Gestión adaptativa de bosques mixtos*. Los integrantes de este grupo han
 142 reunido los tratamientos selvícolas en masas mixtas a nivel nacional y analizan los modelos y
 143 herramientas de apoyo a la decisión disponibles para promover y mantener los bosques mixtos en
 144 Europa. Finalmente, construirán una guía de buenas prácticas de gestión en masas mixtas.
 145

146 Grupo de Trabajo 3. *Política e Impacto social de los bosques mixtos*. El propósito de este grupo
 147 es identificar las medidas políticas que aumenten las oportunidades de negocio y empleo que surgen
 148 de los bosques mixtos, así como analizar la percepción social de estos bosques en la demanda de
 149 bienes y servicios.
 150

151 La figura 3 muestra la estructura de la Acción con los responsables de cada grupo de trabajo y
 152 del conjunto de la Acción
 153

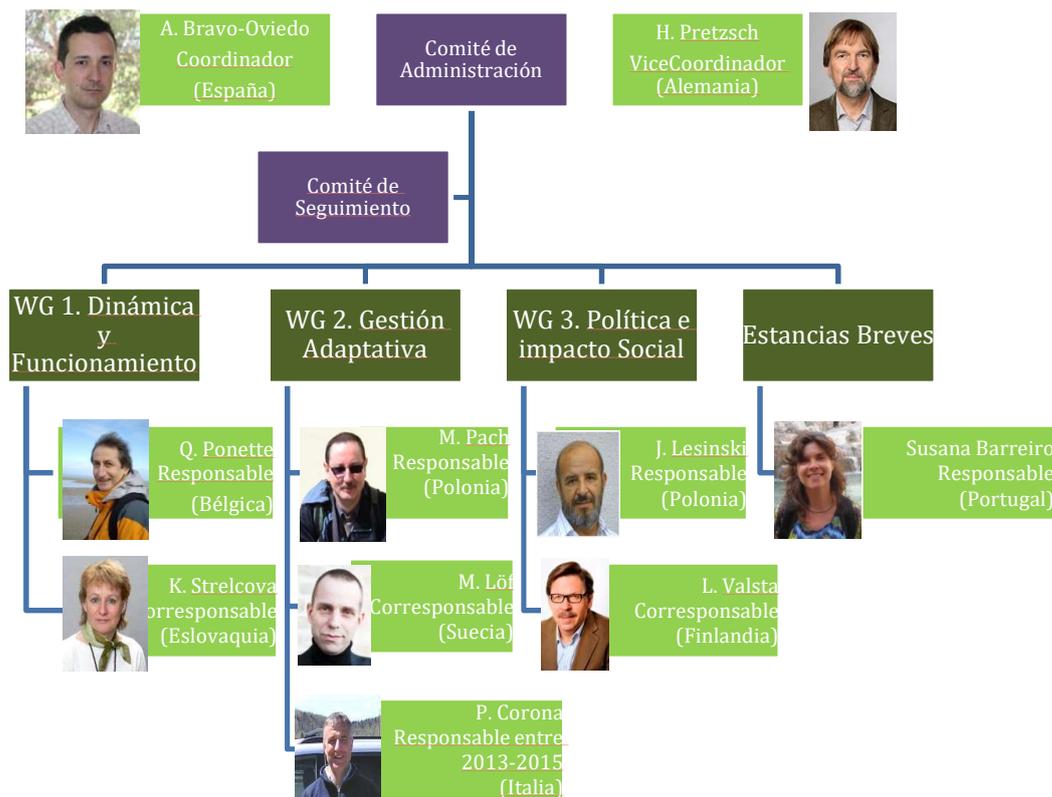


Figura 3. Estructura de los órganos de gestión y responsables de la Acción COST FP1206 EuMIXFOR

154
 155
 156
 157
 158
 159

4. Resultados

Durante los cuatro años de funcionamiento de la red se han realizado cuya distribución temporal se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Actividades realizadas en el marco de EuMIXFOR por año

Actividad	2013	2014	2015	2016
Reuniones	6	6	7	4
Estancias	7	14	16	14
Taller formativo	1	2	1	1
Workshop / Conferencias	-	-	1	2
Publicaciones derivadas	-	10	10	17

Los resultados científicos más relevantes de estas actividades se muestran a continuación de acuerdo con el tipo de análisis o base de datos utilizada:

Consideraciones previas: Definición y caracterización de masas mixtas

Uno de los primeros resultados de la Acción ha sido establecer una definición de referencia de bosque mixto. No se trata de una definición cerrada, sino que indica el mínimo de información que debe incluir la definición de un bosque mixto para que sea comparable a efectos de análisis, ya sea de superficie ocupada o de resultados de investigación. Deben abandonarse las definiciones en las que no se justifica cómo se ha calculado el porcentaje de ocupación de una especie (qué variable y qué porcentajes límite). La Acción recoge las definiciones de todos países participantes y añade aquellos aspectos relevantes en el estudio de las masas mixtas, como son la variedad de interacciones inter-específicas que se pueden dar (no sólo la competencia) y la forma de cuantificar la proporción de las especies en comparación con el área máxima ocupada en un rodal puro (proporciones por área o área disponible para una especie en una mezcla). La definición es la siguiente:

“Un bosque es mixto, excluyendo formaciones lineales, cuando al menos dos especies coexisten en cualquier estado de desarrollo utilizando los mismos recursos (luz, agua, nutrientes). La presencia de cada especie es cuantificada como una proporción del número de individuos o área basimétrica, aunque el volumen, la biomasa o el porcentaje de cubierta así como las proporciones por área pueden ser utilizados para objetivos específicos. Existe una variedad de estructuras y patrones de mezcla y las interacciones entre las especies y la proporción de las mismas puede variar con el tiempo” (BRAVO-OVIEDO et al., 2014).

Una vez definido un bosque mixto y determinadas las prioridades de investigación es necesario caracterizar correctamente una masa mixta (DEL RÍO et al., 2016). Las variables frecuentemente utilizadas en masas puras necesitan ser complementadas con información sobre la composición, estructura vertical y horizontal, e incluso modificadas, como por ejemplo el desarrollo de indicadores de la calidad de estación que sustituyan al índice de sitio utilizado en masas puras y cuya validez ya ha sido puesto en cuestión (DEL RÍO et al., 2012).

La forma de seleccionar la proporción de especies puede tener implicaciones importantes en los resultados de los estudios. Así, la utilización de proporciones sin tener en cuenta la densidad máxima

201 que puede alcanzar una especie en un rodal puro, conlleva sobreestimaciones en el crecimiento de la
202 masa mixta en relación con la pura, sobre todo si las especies tienen densidades máximas muy distintas
203 en masas puras, como por ejemplo el rebollo y el pino silvestre (STERBA et al., 2014). A nivel de rodal
204 el método recomendado para definir las proporciones es el que tiene en cuenta el ratio entre la
205 densidad observada y el potencial o máxima densidad encontrada para la especie y sitio de estudio, en
206 el caso de la mezcla haya-pino silvestre (DIRNBERGER et al., 2016) y abeto rojo-haya (DIRNBERGER &
207 STERBA, 2014).

208

209 *El transecto Europeo pino silvestre-haya. Estudios de productividad*

210

211 Aunque COST no financia investigación, la red ha servido para establecer un protocolo de
212 investigación de masas mixtas en Europa y en otras partes del mundo. Tomando como modelo la
213 mezcla pino silvestre-haya, por estar representada en la mayoría de los países de la Acción, se ha
214 establecido un transecto en el que se ha establecido una terna de parcelas (denominada triplete) en
215 32 localizaciones a lo largo de Europa, desde Suecia a Bulgaria y desde Lituania a España. Cada triplete
216 consta de una parcela mixta y una parcela pura de cada una de las especies en la que las mediciones
217 han sido estandarizadas (HEYM et al., 2017). Esta metodología ya había sido probada para otras
218 mezclas a escala local (BIELAK et al., 2014; PRETZSCH & SCHÜTZE, 2009) pero es la primera vez que
219 establece este tipo de experimentos a escala europea.

220

221 Este tipo de dispositivos permite analizar el efecto de la mezcla (*mixing effect*) sobre una variable
222 o proceso de interés, así como el análisis de la dinámica de las masas mixtas frente a las puras. Los
223 resultados en Europa muestran que la mezcla de pino silvestre y haya genera mayores producciones
224 en volumen en pie y crecimiento de volumen y área basimétrica, así como una mayor densidad,
225 indicando una mejor utilización de los recursos de la estación. Esta productividad mayor (*overyielding*)
226 en la masa mixta es independiente de las condiciones climáticas, aunque el diámetro medio de las
227 hayas es menor en la mezcla que en masas puras (PRETZSCH et al., 2015). La mezcla también genera
228 estructuras más diversas desde el punto de vista estructural que las correspondientes masas puras,
229 siendo dicha diversidad mayor en estaciones más húmedas (PRETZSCH et al., 2016).

230

231 Desde un punto de vista de la estabilidad temporal en la producción de la mezcla analizada en
232 los tripletes se ha visto que la productividad en la masa mixta, medida como el crecimiento en sección,
233 se estabiliza a nivel de comunidad, mientras que es neutral o negativa a nivel de población o de
234 individuos. La estabilidad a nivel de comunidad se asocia con un crecimiento asíncrono y
235 complementariedad temporal de nichos más que a efectos climáticos (DEL RÍO et al., 2016b).

236

237 El análisis de efecto de la mezcla utilizando la metodología del “triplete” se ha extendido a otro
238 tipo de mezclas diferenciadas según rasgos funcionales, como el temperamento a la sombra, y pronto
239 dará resultados a escala Global (BRAVO et al., 2016).

240

241 *Máxima densidad en masas mixtas*

242

243 La determinación correcta de la densidad máxima que un rodal puede soportar de una especie es clave
244 en la práctica selvícola y en la definición de los límites de densidad entre los que las prácticas selvícolas
245 deben ceñirse para no perder producción por mortalidad natural o por una infrautilización de la estación
246 (LONG, 1985). Como se ha señalado en el caso de las masas mixtas analizadas en el triplete, éstas
247 pueden albergar un 20% más de individuos por hectárea que las masas puras. (PRETZSCH & BIBER,
248 2016; PRETZSCH & SCHÜTZE, 2015) señalan como una de las causas de la mayor ocupación del rodal
249 de una masa mixta su mayor intercepción y, por tanto, su uso más eficiente de la luz. Sin embargo, no
250 solo la luz influye en la mayor densidad. CONDÉS et al., (2016) encontraron que la máxima densidad
251 de pino silvestre y haya está relacionada con la aridez de la estación, estimada mediante el índice de
252 Martonne. Dicha relación se construyó expandiendo los parámetros de la recta de Reineke (REINEKE,
253 1933) siendo una relación lineal positiva en el caso del haya y cuadrática en el caso del pino silvestre

254 con un máximo de densidad alrededor de un índice de Martonne de 75. Por otro lado, DUCEY et al.,
255 (2017) utilizando un modelo de máxima densidad relativo, donde 1 representa la máxima ocupación
256 de la estación, también observaron que el clima es un factor clave en la predicción de la máxima
257 densidad aunque se encuentra modulado por características funcionales como el temperamento de la
258 especie a la sombra y la densidad de la madera.

259

260 *Fomento de las masas mixtas. Diversificación*

261

262 La evidencia empírica de que las masas mixtas son más productivas, en términos de volumen y
263 biomasa, que las correspondientes puras ha orientado la selvicultura hacia la diversificación de las
264 masas mixtas. No obstante, esta mayor producción no se da en todos los casos sobre todo si hay que
265 compatibilizarla con otros servicios. El análisis de la multifuncionalidad de los bosques mixtos, es decir,
266 si son capaces de generar múltiples servicios ecosistémicos a largo plazo es difícil de llevar a cabo en
267 la práctica por diferencias en las condiciones iniciales o cambios en la composición de la mezcla. Esto
268 hace que la conversión de una masa pura a una mixta se realice eligiendo las especies que mejor
269 cumplan el objetivo selvícola. SCHULER et al., (2016) modelizan a nivel de paisaje el efecto de las
270 masas monoespecíficas y pluriespecíficas en la generación de servicios ecosistémicos y encuentran
271 que las masas mixtas son más apropiadas si se quieren obtener múltiples servicios mientras que las
272 monoespecíficas son más apropiadas para producir un único servicio, recomendando que la mezcla
273 seleccionada se ajuste a las condiciones de estación descartando la diversificación a gran escala con
274 una única mezcla. En cualquier caso el efecto positivo de la mezcla se incrementa al aumentar las
275 diferencias en las características funcionales de las especies, no sólo por el aumento de especies. Por
276 su parte (MASON & CONNOLLY, 2016) recomiendan que en el caso de decantarse por dos especies de
277 temperamento similar la mezcla se haga por bosquetes para evitar efectos negativos de competencia
278 inter-específica.

279

280 La regeneración natural también puede ser aprovechada para diversificar masas puras. (MARTÍN-
281 ALCÓN et al., 2015) señala como las claras y las cortas selectivas pueden favorecer el desarrollo de
282 plántulas de frondosas germinadas bajo el dosel de pino salgareño en el prepirineo catalán.

283

284 *Dinámica de masas mixtas*

285

286 Entre los aspectos de la dinámica de las masas mixtas que se han analizado en la red EuMIXFOR
287 destaca el modo de crecimiento y competencia entre las especies. POMMERENING et al. (2016)
288 analizan la dominancia de crecimiento (relación entre el crecimiento y el tamaño según BINKLEY et al.
289 2006) entre especies y observan como la no intervención prolongada ha generado un comportamiento
290 asimétrico en el que la mayor parte del crecimiento, o dominancia de crecimiento, se concentra en
291 árboles pequeños y que estos suelen corresponder a una determinada especie indicando que se está
292 produciendo un cambio de composición en el bosque estudiado. En relación con el modo de
293 competencia, (DEL RÍO et al., 2014) hallan para mezclas de pino silvestre-haya, haya-roble y abeto-haya
294 en el Pirineo como la luz es el factor por el que más se compete, beneficiándose notablemente el haya
295 en la presencia de pino silvestre.

296

297 El éxito de la regeneración natural en una masa mixta depende de las estrategias de tolerancia de las
298 especies presentes frente factores de estrés, como son las heladas. MAYORAL et al. (2015) encuentran
299 que el regenerado de pino piñonero es más sensible a las heladas tempranas y tardías que el de encina
300 y enebro en una masa mixta del interior peninsular, confiriendo a éstas últimas una mayor ventaja
301 competitiva.

302

303 Por último, la composición específica también influye en la movilidad de contaminantes orgánicos en
304 suelos, sobre todo los semivolátiles, siendo aquella más rápida cuanto mayor es la proporción de haya
305 frente a la de abeto rojo (KOMPRDOVA et al., 2016).

306

307 *Aulas de señalamiento. Marteloscopios*

308

309 Durante varias reuniones del grupo de trabajo 2 de la acción se discutió la posibilidad de utilizar aulas
 310 de señalamiento o marteloscopios para el análisis del comportamiento humano en la selección de
 311 árboles para su posterior aprovechamiento. El marteloscopio es una parcela de 1 ha en la que todos
 312 los árboles son identificados y medidos. (POMMERENING et al., 2015) describen el uso de estas aulas
 313 de señalamiento. Este tipo de dispositivos permite comprobar la preferencia en el marcado de árboles
 314 en función de su tamaño, especie, etc...y sirve como herramienta de aprendizaje y entrenamiento de
 315 señalamiento. (VÍTKOVÁ et al., 2016) utilizan uno de estos dispositivos para comprender qué factores
 316 humanos influyen a la hora de implementar nuevos métodos de gestión, como el *Continuous Cover*
 317 *Forestry*, encontrando grandes dificultades a la hora de que gestores experimentados cambien sus
 318 decisiones selvícolas por nuevas alternativas de gestión, lo que supone un reto a la hora de adoptar
 319 nuevos paradigmas en silvicultura (BRAVO, 2015).

320

321 *Preferencia social por las masas mixtas*

322

323 Una última línea de investigación que ha dado frutos en el marco de EuMIXFOR ha sido el grado de
 324 preferencia que tiene la Sociedad cuando se plantea la disyuntiva bosque puro vs. bosque mixto.
 325 (GRILLI et al., 2016) describen que cuando se plantea esta elección el bosque mixto es preferido
 326 siempre que se reconozca el papel de algún servicio o función no productivo. Los autores concluyen
 327 que para que la Sociedad vea los bosques mixtos como preferibles es más importante ésta esté
 328 formada, e informada, en servicios ecosistémicos que cualquier otro de los condicionantes analizados
 329 (educación recibida, género o ingresos)

330

331

332 **5. Discusión y Conclusiones: Los bosques mixtos como oportunidad**

333

334 Gestores e Investigadores se encuentran ante grandes retos sociales (demanda de servicios
 335 múltiples), ambientales (cambio global) y económico (crisis, cambio de modelo productivo). Estos retos
 336 han sido analizados en EuMIXFOR

337

338 El reconocimiento de la importancia de los bosques mixtos no es más que el reconocimiento de
 339 una demanda de servicios cada vez más compleja por parte de la Sociedad. La declaración del valor
 340 de la complejidad en la generación de servicios y el reto de gestionarla conduce invariablemente a ver
 341 los montes como un sistema complejo y adaptativo en el seno de un sistema socio-ecológico.

342

343 Aunque el fomento de las masas mixtas no implica necesariamente la sustitución de poblaciones
 344 mono-específicas, ya que siempre habrá condicionantes climáticos o sociales que indiquen que una
 345 masa pura es más viable ecológica o económicamente, cada vez se hace más necesario asumir la
 346 complejidad y la incertidumbre como integrantes de la gestión de los bosques (BRAVO, 2015).

347

348 El papel que los bosques pluriespecíficos van a desarrollar a la hora de encarar estos retos hace
 349 necesario un mayor conocimiento de su dinámica, estructura y funcionalidad. EuMIXFOR ha liderado
 350 durante los últimos cuatro años el debate sobre los temas de investigación más relevantes en bosques
 351 mixtos. Las conclusiones de la Acción se resumieron en la conferencia internacional celebrada en Praga
 352 entre el 5 y 7 de octubre de 2016:

353

- 354 • Para estudiar la dinámica de las masas mixtas es necesario establecer nuevos diseños
 355 experimentales y sitios de investigación a largo plazo a lo largo de gradientes ambientales.
- 356 • Los modelos deben representar correctamente cambios de escala, desde el árbol individual
 357 al rodal, teniendo en cuenta las interacciones bióticas más relevantes (competencia,
 358 facilitación) y los mecanismos subyacentes (complementariedad). Algunas hipótesis de los
 359 modelos deben ser re-evaluadas, como por ejemplo la intercepción de luz.

- 360 • Los modelos deben ser realistas y representar correctamente el efecto de la mezcla, incluido
361 propiedades emergentes entre escalas, con el fin de alimentar modelos econométricos.
- 362 • La investigación debe abordar la relación entre diversidad y servicios ecosistémicos en
363 relación con las características de las especies (identidad de especie, rasgos funcionales).
- 364 • El verdadero efecto de la mezcla aparece al descartar factores de ruido como la historia del
365 rodal o factores de estación. Desenmarañar los efectos entre especie y diversidad es
366 prioritario.
- 367 • La proporción de especies en un rodal mixto no es constante en el tiempo y es urgente
368 caracterizar correctamente dicha proporción para que el análisis de crecimiento y producción
369 sea comparable con el de rodales puros. Determinar el área disponible para la especie en
370 una mezcla en relación con el área máxima disponible en un rodal puro parece la mejor
371 opción.
- 372 • Parece haber una gran distancia entre las políticas de fomento de bosques mixtos y la
373 capacidad de implementación del conocimiento ganado. Es necesario implementar
374 transferencia y divulgación como objetivos fundamentales e irrenunciables al inicio de los
375 programas de investigación.

377 6. Agradecimientos

378
379 EuMIXFOR agradecen a COST Association y al INIA la financiación y gestión administrativa de la
380 Acción. Los autores agradecen todos los participantes e instituciones que han hecho posible que la red
381 Europea EuMIXFOR sea hoy un referente en la investigación sobre masas mixtas.

382 7. Bibliografía (Con asterisco aquellas publicaciones que han sido desarrolladas en su totalidad o 383 parcialmente en EuMIXFOR)

- 384
385
- 386 *BIELAK, K., DUDZINSKA, M., PRETZSCH, H., 2014. Mixed stands of Scots pine (Pinus sylvestris L .)
387 and Norway spruce [Picea abies (L .) Karst] can be more productive than monocultures . Evidence
388 from over 100 years of observation of long-term. For. Syst. 23, 573–589.
 - 389 BRAVO, F., 2015. ¿ SE PUEDE GENERAR CONOCIMIENTO MEDIANTE LA GESTIÓN ADAPTATIVA PARA
390 FUNDAMENTAR UN CAMBIO DE PARADIGMA DE LA SELVICULTURA? Cuad. Soc. Esp. Cien. For.
391 146, 139–146.
 - 392 *BRAVO, F., PRETZSCH, H., ANDENMATTEN, E., BIELAK, K., CHAUCHARD, L.M., DOMÍNGUEZ-
393 DOMÍNGUEZ, M., HERNÁNDEZ-SALAS, J., LOEWE, V., LOGUERCIO, G., LÖF, M., MAGUIRE, D.A.,
394 MARTÍNEZ-ZURIMENDI, P., MOYA, R., OSORIO, L.F., ORDÓÑEZ, C., PONETTE, Q., DEL RÍO, M., RUIZ-
395 PEINADO, R., TEFAYE, M.A., BRAVO-OVIEDO, A., 2016. Building a worldwide forests and forestry
396 research network based on functional traits mixed forests triplets: Design, implementation and
397 first results on basal area growth, in: Integrating Scientific Knowledge in Mixed Forests EuMIXFOR
398 Final Conference. pp. 52–53.
 - 399 *CONDÉS, S., VALLET, P., BIELAK, K., BRAVO-OVIEDO, A., COLL, L., DUCEY, M., PACH, M., PRETZSCH, H.,
400 STERBA, H., VAYREDA, J., RÍO, M., 2016. Climate influences on the maximum size-density
401 relationship in Scots pine (Pinus sylvestris L.) and European beech (Fagus sylvatica L.) stands. For.
402 Ecol. Manage. In Press, (submitted). doi:10.1016/j.foreco.2016.10.059
 - 403 DEL RÍO, M., BRAVO-OVIEDO, A., MARTÍN-BENITO, D., 2012. ¿Es el índice de sitio un estimador de la
404 producción válido en el marco del cambio climático? Cuad. Soc. Esp. Cien. For. 34, 85–94.
 - 405 *DEL RÍO, M., CONDÉS, S., PRETZSCH, H., 2014. Analyzing size-symmetric vs. size-asymmetric and intra-
406 vs. inter-specific competition in beech (Fagus sylvatica L.) mixed stands. For. Ecol. Manage. 325,
407 90–98. doi:10.1016/j.foreco.2014.03.047
 - 408 *DEL RÍO, M., PRETZSCH, H., ALBERDI, I., BIELAK, K., BRAVO, F., BRUNNER, A., CONDÉS, S., DUCEY,
409 M.J., FONSECA, T., VON LÜPKE, N., PACH, M., PERIC, S., PEROT, T., SOUIDI, Z., SPATHELF, P.,
410 STERBA, H., TIJARDOVIC, M., TOMÉ, M., VALLET, P., BRAVO-OVIEDO, A., 2016a. Characterization of
411 the structure, dynamics, and productivity of mixed-species stands: review and perspectives. Eur. J.

- 412 For. Res. 135, 23–49. doi:10.1007/s10342-015-0927-6
- 413 *DEL RÍO, M., PRETZSCH, H., RUÍZ-PEINADO, R., AMPOORTER, E., ANNIGHÖFER, P., BARBEITO, I.,
414 BIELAK, K., BRAZAITIS, G., COLL, L., DRÖSSLER, L., FABRIKA, M., FORRESTER, D.I., HEYM, M.,
415 HURT, V., KURYLYAK, V., LÖF, M., LOMBARDI, F., MADRICKIENE, E., MATOVIĆ, B., MOHREN, F.,
416 MOTTA, R., DEN OUDEN, J., PACH, M., PONETTE, Q., SCHÜTZE, G., SKRZYSZEWSKI, J., SRAMEK, V.,
417 STERBA, H., STOJANOVIĆ, D., SVOBODA, M., ZLATANOV, T.M., BRAVO-OVIEDO, A., 2016b. Species
418 interactions increase the temporal stability of community productivity in *Pinus sylvestris*-*Fagus*
419 *sylvatica* mixtures across Europe. *J. Ecol.* doi:10.1111/1365-2745.12727
- 420 *DIRNBERGER, G., STERBA, H., CONDÉS, S., AMMER, C., ANNIGHÖFER, P., AVDAGIC, A., BIELAK, K.,
421 BRAZAITIS, G., COLL, L., HEYM, M., HURT, V., KURYLYAK, V., MOTTA, R., PACH, M., PONETTE, Q.,
422 RUIZ-PEINADO, R., SKRZYSZEWSKI, J., ŠRÁMEK, V., DE STREEL, G., SVOBODA, M., ZLATANOV, T.,
423 PRETZSCH, H., 2016. Species proportions by area in mixtures of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.)
424 and European beech (*Fagus sylvatica* L.). *Eur. J. For. Res.* (submitted). doi:10.1007/s10342-016-
425 1017-0
- 426 *DIRNBERGER, G.F., STERBA, H., 2014. A comparison of different methods to estimate species
427 proportions by area in mixed stands. *For. Syst.* 23, 534–546.
- 428 *DUCEY, M.J., WOODALL, C.W., BRAVO-OVIEDO, A., 2017. Climate and species functional traits influence
429 maximum live tree stocking in the Lake States, USA. *For. Ecol. Manage.* 386, 51–61.
430 doi:10.1016/j.foreco.2016.12.007
- 431 FAO, 2015. Global forest resource assessment 2015. How the world's forests are changing? Rome, IT.
- 432 FOREST EUROPE, 2015. State of Europe's Forests 2015.
- 433 *GRILLI, G., JONKISZ, J., CIOLLI, M., LESINSKI, J., 2016. Mixed forests and ecosystem services:
434 Investigating stakeholders' perceptions in a case study in the Polish Carpathians. *For. Policy Econ.*
435 66, 11–17. doi:10.1016/j.forpol.2016.02.003
- 436 *HEYM, M., RUIZ-PEINADO, R., DEL RÍO, M., BIELAK, K., FORRESTER, D.I., DIRNBERGER, G., BARBEITO,
437 I., BRAZAITIS, G., COLL, L., FABRIKA, M., DRÖSSLER, L., LÖF, M., STERBA, H., HURT, V., KURYLYAK,
438 V., LOMBARDI, F., STOJANOVIĆ, D., DEN OUDEN, J., MOTTA, R., PACH, M., PONETTE, Q., SRAMEK,
439 S., ZLATANOV, T., AVDAGIC, A., AMMER, C., BRAVO-OVIEDO, A., PRETZSCH, H., 2017. EuMIXFOR
440 triplet data from pure and mixed stands of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech
441 (*Fagus sylvatica* L.) across an ecological gradient through Europe. Submitted.
- 442 *KOMPRDOVA, K., KOMPRDA, J., MENSIK, L., VANKOVA, L., KULHAVI, J., NIZZETTO, L., 2016. The
443 influence of tree species composition on the storage and mobility of semivolatile organic
444 compounds in forest soils. *Sci. Total Environ.* 553, 532–540.
445 doi:10.1016/j.scitotenv.2016.02.132
- 446 LONG, J.N., 1985. A practical approach to density management. *For. Chr.* 61, 23–27.
- 447 MAGRAMA, 2014. Diagnóstico del sector forestal Espalo. Análisis y Prospectiva - Serie
448 Agrinfo/Medioambiente nº 8. Madrid. Sector forestal Español
- 449 *MARTÍN-ALCÓN, S., COLL, L., SALEKIN, S., 2015. Stand-level drivers of tree-species diversification in
450 Mediterranean pine forests after abandonment of traditional practices. *For. Ecol. Manage.* 353,
451 107–117.
- 452 *MASON, B., CONNOLLY, T., 2016. Long-term development of experimental mixtures of Scots pine (
453 *Pinus sylvestris* L.) and silver birch (*Betula pendula* Roth.) in northern Britain. *Ann. Silv. Res.*
454 40, 11–18.
- 455 *MAYORAL, C., STRIMBECK, R., SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, M., CALAMA, R., PARDOS, M., 2015. Dynamics of
456 frost tolerance during regeneration in a mixed (pine–oak–juniper) Mediterranean forest. *Trees* 1–
457 14. doi:10.1007/s00468-015-1270-8
- 458 *POMMERENING, A., BRZEZIECKI, B., BINKLEY, D., 2016. Are long-term changes in plant species
459 composition related to asymmetric growth dominance in the pristine Białowieża Forest? *Basic*
460 *Appl. Ecol.* 17, 408–417. doi:10.1016/j.baae.2016.02.002
- 461 *POMMERENING, A., VÍTKOVÁ, L., ZHAO, X., PALLARÉS RAMOS, C., 2015. Towards Understanding
462 Human Tree Selection Behaviour, Forest Facts, SLU.
- 463 *PRETZSCH, H., BIBER, P., 2016. Tree species mixing can increase maximum stand density. *Can. J. For.*
464 *Res.* 46, 1179–1193. doi:10.1139/cjfr-2015-0413

- 465 *PRETZSCH, H., DEL RÍO, M., AMMER, C., AVDAGIC, A., BARBEITO, I., BIELAK, K., BRAZAITIS, G., COLL,
466 L., DIRNBERGER, G., DRÖSSLER, L., FABRIKA, M., FORRESTER, D.I., GODVOD, K., HEYM, M., HURT,
467 V., KURYLYAK, V., LÖF, M., LOMBARDI, F., MATOVIĆ, B., MOHREN, F., MOTTA, R., DEN OUDEN, J.,
468 PACH, M., PONETTE, Q., SCHÜTZE, G., SCHWEIG, J., SKRZYSZEWSKI, J., SRAMEK, V., STERBA, H.,
469 STOJANOVIĆ, D., SVOBODA, M., VANHELLEMONT, M., VERHEYEN, K., WELLHAUSEN, K., ZLATANOV,
470 T., BRAVO-OVIEDO, A., 2015. Growth and yield of mixed versus pure stands of Scots pine (*Pinus*
471 *sylvestris* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) analysed along a productivity gradient
472 through Europe. *Eur. J. For. Res.* 134, 927–947. doi:10.1007/s10342-015-0900-4
- 473 *PRETZSCH, H., DEL RÍO, M., SCHÜTZE, G., AMMER, C., ANNIGHÖFER, P., AVDAGIC, A., BARBEITO, I.,
474 BIELAK, K., BRAZAITIS, G., COLL, L., DRÖSSLER, L., FABRIKA, M., FORRESTER, D.I., KURYLYAK, V.,
475 LÖF, M., LOMBARDI, F., MATOVIĆ, B., MOHREN, F., MOTTA, R., DEN OUDEN, J., PACH, M., PONETTE,
476 Q., SKRZYSZEWSKI, J., SRAMEK, V., STERBA, H., SVOBODA, M., VERHEYEN, K., ZLATANOV, T.,
477 BRAVO-OVIEDO, A., 2016. Mixing of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech (*Fagus*
478 *sylvatica* L.) enhances structural heterogeneity, And the effect increases with water availability.
479 *For. Ecol. Manage.* 373, 149–166. doi:10.1016/j.foreco.2016.04.043
- 480 PRETZSCH, H., SCHÜTZE, G., 2015. Effect of tree species mixing on the size structure, density, and yield
481 of forest stands. *Eur. J. For. Res.* 1–22. doi:10.1007/s10342-015-0913-z
- 482 PRETZSCH, H., SCHÜTZE, G., 2009. Transgressive overyielding in mixed compared with pure stands of
483 Norway spruce and European beech in Central Europe: evidence on stand level and explanation
484 on individual tree level. *Eur. J. For. Res.* 128, 183–204. doi:10.1007/s10342-008-0215-9
- 485 REINEKE, L.H., 1933. PERFECTING A STAND-DENSITY INDEX FOR EVEN- AGED FORESTS. *J. Agric. Res.*
486 46, 627–638.
- 487 *SCHULER, L.J., BUGMANN, H., SNELL, R.S., 2016. From monocultures to mixed-species forests : is tree
488 diversity key for providing ecosystem services at the landscape scale? *Landsc. Ecol.*
489 doi:10.1007/s10980-016-0422-6
- 490 *STERBA, H., DEL RIO, M., BRUNNER, A., CONDES, S., 2014. Effect of species proportion definition on
491 the evaluation of growth in pure vs. mixed stands. *For. Syst.* 23, 547–559.
492 doi:10.5424/fs/2014233-06051
- 493 *VÍTKOVÁ, L., DHUBHÁIN, Á.N., POMMERENING, A., 2016. Agreement in tree marking: What is the
494 uncertainty of human tree selection in selective forest management? *For. Sci.* 62, 288–296.
495 doi:10.5849/forsci.15-133
- 496
- 497