



Actes de les
IV Jornades
Internacionals del Teix
Gestió, conservació i cultura de les teixedes en
els sistemes forestals mediterranis

.....

Actas de las
IV Jornadas
Internacionales del Tejo
Gestión, conservación y cultura de las tejedas en
los sistemas forestales mediterráneos

.....

Proceedings
IV International
Yew Workshop
Management, conservation and culture of the yew
forests in the Mediterranean forest ecosystems

Monestir de Poblet
23-25 / 10 / 2014

www.taxus.cat/jornades2014

Organitza:



Paratge Natural
d'Interès Nacional
de Poblet



Generalitat de Catalunya
Departament d'Agricultura, Ramaderia,
Pesca, Alimentació i Medi Natural



Ajuntament
de Rasquera



Col·labora:



Actes de les IV Jornades Internacionals del Teix
Actas de las IV Jornadas Internacionales del Tejo
Proceedings IV International Yew Workshop

Organitzen / organizan / organizes:

Centre Tecnològic Forestal de Catalunya
Paratge Natural d'Interès Nacional de Poblet
Consorti de la Serra de Llaberia
l'Ajuntament de Rasquera

Col·laboren / colaboran / collaborate:

Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural
Consorti de l'Alta Garrotxa
Asociación Amigos del Tejo y las Tejedas

Edita / edited by:

Centre Tecnològic Forestal de Catalunya



Hoy más que nunca es preciso transmitir íntegramente el legado, con todo su contenido simbólico y didáctico a las generaciones que vendrán, con la esperanza de que los tejos continúen siendo un punto de encuentro y reflexión

Ignacio Abella

I want to be with yew,
at the heart of yew,
Where I can hear yew singing
that close

Jehanne Mehta

© Centre Tecnològic Forestal de Catalunya

Agraïments

Al Monestir de Poblet, a l'Ajuntament de Vimbodí i Poblet i a l'Ajuntament de l'Espluga de Francolí per l'hospitalitat durant la realització de les IV Jornades Internacionals del Teix

Títol original

Actes de les IV Jornades Internacionals del Teix
Actas de las IV Jornadas Internacionales del Tejo
Proceedings IV International Yew Workshop
Monestir de Poblet
23-25 / 10 / 2014

Edita

Centre Tecnològic Forestal de Catalunya
Ctra. Sant Llorenç de Morunys, km 2, 25280 Solsona, Lleida

Revisió tècnica

Antònia Caritat, Jordi Camprodon, Xavier García, Pere Casals

Coordinació de l'edició

Antònia Caritat Compte

Foto coberta: Jordi Bas

Fotografies

Jordi Bas, Richard Martin i els diferents autors dels articles

Disseny i maquetació

Tura Baburés Caritat, Dep. de Comunicació del CTFC

Dipòsit legal: L 1645-2015

ISBN: 978-84-608-6780-7



Index

PRESENTATION	9
BLOC 1 ECOLOGY AND BIOGEOGRAPHY	11
ARTICLES	
1. European yews and climate change PETER THOMAS	13
2. Regeneración del tejo en las montañas cantábricas: ampliando el enfoque a través del espacio, el tiempo y la complejidad ecológica. DANIEL GARCÍA, DANIEL MARTÍNEZ, JESSICA E. LAVABRE	19
3. Los matriarcados del tejo en la Sierra de Francia. Dinámica y ecología de las nuevas poblaciones conocidas en el Sistema Central PRUDENCIO FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, FERNÁNDEZ MORCUENDE, A., GARCÍA GOMARIZ, E., RODRÍGUEZ RIVAS, J., SÁNCHEZ AMADOR, E. & VASCO ENCUESTRA, F	29
4. The history of <i>Taxus baccata</i> L. in the Wierzchlas (N Poland) on the basis on palynological research AGNIESZKA MARIA NORYSKIEWICZ	41
5. Efecto del clima en el abetal de Passavents (Parque Natural del Montseny, Barcelona) ELISABET MARTÍNEZ & EMILIA GUTIÉRREZ	51
6. Lichen diversity in Yew forests from Montseny ESTEVE LLOP	57
7. Censo e inventario de tejos (<i>Taxus baccata</i> L.) en el Barranco del Alto Manzanares (España) RUBÉN BERNAL GONZÁLEZ	63
8. Distribución y tamaño poblacional del Tejo (<i>Taxus baccata</i> L.) en el municipio de Ayala (Álava), norte de España. ENRIQUE ARBERAS MENDIBIL & INÉS LATORRE GARCÍA	71
9. New addition for recognition of distribution of Yews (<i>Taxus baccata</i> L.) in Bosnia and Herzegovina. DALIBOR BALLIAN	79
10. Treinta años trabajando con el tejo EMILIO BLANCO & FERNANDO VASCO	85
11. Situación actual de las tejedas de los Montes Aquilianos ALBA ALONSO, FERNÁNDEZ-MANSO, A., ARTIME, VALBUENA, L	95
12. Cambios futuros esperados en la distribución de las tejedas de Catalunya, según diversos escenarios de cambio climático. VÍCTOR ÀGUILA, ANTÒNIA CARITAT, ANA RIOS, PERE CASALS, DAVID GUIXÉ JORDI CAMPRODON	103
ABSTRACTS	111

BLOC 2 MANAGEMENT AND PRESERVATION	125
ARTICLES	
13. Distribution and characterization of yew forest in Catalonia	
ANTÒNIA CARITAT, ANA RIOS, DAVID GUIXÉ, JORDI CAMPRODON, PERE CASALS, CARMÉ CASAS, VÍCTOR ÀGUILA	127
14. Life TAXUS, proyecto para la conservación del habitat del tejo en Catalunya. Objetivos, metodologías y primeros resultados	
JORDI CAMPRODON, PERE CASALS, ANTÒNIA CARITAT, DAVID GUIXÉ, ANA I. RIOS, XAVIER BUQUERAS, JARKOV REVERTÉ, SARA SÁNCHEZ, GUILLEM ARGERICH & XAVIER GARCÍA-MARTÍ	135
15. Acuerdos de custodia para la conservación de las tejedas en la Sierra de Llaberia	
JARKOV REVERTE, RICARD BAQUES	149
16. Recuperación de bosques de tejo en el Barranco de Hocino (Riba de Saelices, Guadalajara)	
MARIA MELERO, DIANA COLOMINA, LOURDES HERNÁNDEZ	155
17. Efecto de dos niveles de fertilización sobre la calidad de la planta de <i>Taxus baccata</i> y su respuesta en campo en distintos ambientes lumínicos	
JUAN L. NICOLÁS PERAGÓN, LUIS F. BENITO MATÍAS, JAIME PUÉRTOLAS SIMÓN	161
18. El tejo en Internet: el ecoturismo amenaza numerosas poblaciones de tejos silvestres	
FAUSTINO GONZÁLEZ DE DIOS	171
19. The key role of large yew trees and old yew forests in biodiversity conservation	
CÉSAR-JAVIER PALACIOS	177
20. Conservación directa del hábitat prioritario 9580 (bosques de <i>Taxus baccata</i>) en la red Natura 2000 de la Comunidad Valenciana	
XAVIER G. MARTÍ, P. PABLO FERRER-GALLEGO, INMACULADA FERRANDO, JOSEP E. OLTRA & EMILIO LAGUNA	179
21. Producción de plántulas de <i>Taxus baccata</i> para refuerzo poblacional en las principales tejedas de Catalunya	
ANA I. RIOS, X. GARCÍA-MARTÍ, D. GUIXÉ, P. CASALS, A. CARITAT, J. CAMPRODON	187
22. Water stress ($\delta^{13}\text{C}$) in <i>Taxus</i> trees depends on canopy covert and basal area of the neighbouring trees	
ANA I. RIOS, VÍCTOR ÀGUILA, DAVID GUIXÉ, JORDI CAMPRODON, ANTONIA CARITAT, PERE CASALS	195
23. Richness and abundance of predators and dispersers of seeds of yew in Catalonia	
DAVID GUIXÉ, ANA I. RIOS, JORDI CAMPRODON	199
ABSTRACTS	208

BLOC 3 . APPLICATIONS AND CULTURE OF THE YEW TREE	211
ARTICLES	
24. Yew and 'I' Impact of a tree species on the evolution of human consciousness	
FRED HAGENEDER	213
25. Estudio del contenido de taxol y actividad farmacológica de <i>Taxus globosa</i> y <i>Taxus baccata</i>	
LIDIA OSUNA, XAVIER GARCÍA-MARTÍ, ELSA VENTURA ZAPATA, JAVIER LÓPEZ UPTÓN, ALEJANDRO ZAMILPA, MANASES GONZÁLEZ, MARIBEL HERRERA-RUIZ, NADIA TAPIA	223
26. Experiencia del servicio de información toxicológica (sit) relativa a las exposiciones tóxicas al tejo	
FÁTIMA RAMÓN, SALOMÉ BALLESTEROS & FERNANDO VASCO	237
27. Incremento de la producción de taxoides mediante elicitación in vitro de células en suspensión de <i>Taxus globosa</i>	
MARCOS SOTO-HERNANDEZ, BARRALES CUREÑO HJ, RAMOS-VALDIVIA AC	245
28. El uso del tejo en el yacimiento neolítico antiguo del camp del Colomer (Andorra)	
RAQUEL PIQUÉ, ABEL FORTÓ, ALEX VIDAL	255
29. El tejo en el suroeste de Europa: historia holocena de una especie emblemática a partir de datos polínicos y arqueobotánicos	
UZQUIANO, P.; ALLUÉ, E.; ANTOLÍN, F.; BURJACHS, F.; PICORNELL, LL.; PIQUÉ, R.; RUIZ-ALONSO, M.; ZAPATA, L.	261
30. Las primeras evidencias del uso del tejo en Catalunya: los objetos de madera del yacimiento neolítico de La Draga	
PIQUÉ, R., PALOMO, A., TERRADAS, X., TARRÚS, J.	273
31. The Yew in early cultures of the British Isles	
ANDY McGEENEY	281
ABSTRACTS	289
POSTERS	295
GALLERY	307
CONCLUSIONS	321
PROGRAM	331



Presentation

IV INTERNATIONAL YEW CONFERENCE IN POBLET

MONASTERY OF POBLET - OCTOBER 23-25, 2014

The yew is a symbolic tree of great ecological, cultural and therapeutic value, which is currently endangered at a global level. Thus, it is essential to propose effective conservation measures both for the tree and its habitat; especially in the context of global change for a region as vulnerable as the Mediterranean. The uniqueness of the yew groves permits them to be used as a tool to effectively communicate the value of biodiversity and its preservation.

In the framework of the European LIFE+ TAXUS Project (www.taxus.cat), we celebrated the IV International Yew Workshop at the monastery of Poblet, October 23-25, 2014. The Conference was organized by the Forest Science Centre of Catalonia, the Poblet Natural Site, the Llaberia Consortium, Rasquera Town Council with the collaboration of the Catalan Governament Agriculture, Livestock, Fisheries and Food Environment Department, Alta Garrotxa Consortium and the Friends of yew and yew forest.

Like previous editions of the International Yew Conference, celebrated in Alcoi (2006), Olot (2008) and Ponferrada (2010), they have represented a unique opportunity to share knowledge related to the yew and its habitat. The IV Conference has been a continuation of these periodic gatherings of experts who specialize in different topics related to the yew. On this occasion, the main focus has been on yew management for conservation, while also considering other important thematic topics. Hence, the Conference activity was divided into the three following topics: I) Ecology and Biogeography, II) Management and Conservation, III) Yew Applications and Culture.

In this book we can find articles and abstracts of communications and talks presented in the IV International Yew Workshop in Poblet. We are convinced that this yew conference allowed advance in the knowledge, dissemination and preservation of yew and their habitat and we hopefully keep this spirit in future

Organizing Committee

<http://www.taxus.cat/jornades2014>

IV JORNADES INTERNACIONALS DEL TEIX A POBLET

MONESTIR DE POBLET, 23-25 D'OCTUBRE DE 2014

El teix és un arbre emblemàtic de gran valor ecològic, cultural i terapèutic, que es troba amenaçat a nivell mundial. Per aquest motiu, és essencial plantejar mesures efectives de conservació, tant de l'arbre com del seu hàbitat, especialment en una zona tan vulnerable com la Mediterrània i en un context de canvi global. Per la seva singularitat, les teixedes permeten comunicar de manera eficaç els valors de la diversitat biològica i la necessitat de la seva preservació.

Gràcies al projecte europeu LIFE Taxus (www.taxus.cat) es varen dur a terme les IV Jornades Internacionals del Teix en el marc incomparable del Monestir de Santa Maria de Poblet del 23 al 25 d'octubre del 2014. Foren organitzades pel Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, el Paratge Natural d'Interès Nacional de Poblet, el Consorci de la Serra de Llaberia i l'Ajuntament

de Rasquera, amb la col·laboració del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca Alimentació i Medi Natural de la Generalitat de Catalunya, el Consorci de l'Alta Garrotxa i l'associació Amigos del Tejo.

Com en les anteriors edicions de les Jornades Internacionals del Teix, celebrades a Alcoi (2006), Olot (2008) i Ponferrada (2010), han representat una oportunitat única per compartir els darrers coneixements sobre el teix i el seu hàbitat. Aquesta edició ha donat continuïtat a aquestes reunions periòdiques d'experts de diferents països en diferents temàtiques a l'entorn del teix i ha representat un gran èxit d'intercanvi i participació dels assistents. En aquesta ocasió, les jornades s'han centrat en la gestió de les teixedes per a la seva conservació, sense oblidar altres àmbits temàtics. D'aquesta manera, l'activitat de les jornades s'ha dividit en els tres blocs següents: I Ecologia i biogeografia; II Gestió i conservació; III Aplicacions i cultura del teix.

En aquest llibre d'actes podem trobar articles i resums de les ponències i les comunicacions que es varen presentar en aquestes jornades tan profitoses. Estem convençuts que les IV Jornades Internacionals del teix han permès avançar en el coneixement, la difusió i la preservació del teix i el seu hàbitat i esperem que es mantingui aquest esperit en les properes edicions.

El Comitè Organitzador

<http://www.taxus.cat/jornades2014>

IV JORNADAS INTERNACIONALES DEL TEJO EN POBLET

MONASTERIO DE POBLET, 23-25 DE OCTUBRE DE 2014

El tejo es un árbol emblemático de gran valor ecológico, cultural y terapéutico, que se encuentra amenazado a nivel mundial. Por este motivo, es esencial plantear medidas efectivas de conservación, tanto del árbol como de su hábitat, especialmente en una zona tan vulnerable como el Mediterráneo y en un contexto de cambio global. Por su singularidad, las tejedas permiten comunicar de manera eficaz los valores de la diversidad biológica y la necesidad de su preservación.

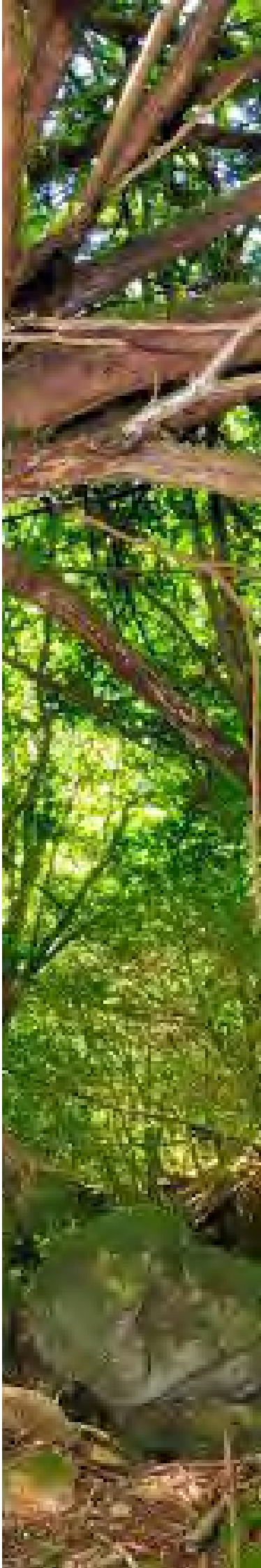
Gracias al proyecto europeo LIFE + Taxus (www.taxus.cat), y en el marco incomparable del Monasterio de Poblet del 23 al 25 de octubre de 2014 se llevaron a cabo las IV Jornadas Internacionales del Tejo. Fueron organizadas por el Centro Tecnológico Forestal de Cataluña, el Paraje Natural de Interés Nacional de Poblet, el Consorcio de la Sierra de Llaberia y el Ayuntamiento de Rasquera, con la colaboración del Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca Alimentación y Medio natural de la Generalitat de Catalunya, el Consorcio de la Alta Garrotxa y la Asociación Amigos del Tejo.

Como en las anteriores ediciones de las Jornadas Internacionales del Tejo, celebradas en Alcoy (2006), Olot (2008) y Ponferrada (2010), han representado una oportunidad única para compartir los últimos conocimientos sobre el tejo y su hábitat. Esta edición ha dado continuidad a estas reuniones periódicas de expertos de diferentes países en diferentes temáticas en torno al mismo y ha representado un gran éxito de intercambio y participación de los asistentes. En esta ocasión, las jornadas se han centrado en la gestión de las tejedas para su conservación, sin olvidar otros ámbitos temáticos. De este modo, la actividad de las jornadas se ha dividido en los tres bloques siguientes: I Ecología y biogeografía; II Gestión y conservación; III Aplicaciones y cultura del tejo.

En estas actas podemos encontrar los artículos y los resúmenes de las ponencias y las comunicaciones que se presentaron en estas jornadas tan provechosas. Estamos convencidos de que las IV Jornadas Internacionales del Tejo han permitido avanzar en el conocimiento, la difusión y la preservación del tejo y su hábitat y esperamos que se mantenga este espíritu en las próximas ediciones.

El Comité Organizador

<http://www.taxus.cat/jornades2014>



B
I
O
G
E

BLOC1

ECOLOGY AND BIOGEOGRAPHY



Articles

European yews and climate change

PETER A. THOMAS

School of Life Sciences, Keele University, Staffordshire ST5 5BG, UK
p.a.thomas@keele.ac.uk

ABSTRACT

Being the longest-lived of all European trees, yew is highly likely to be negatively affected by climate change but the European-wide changes in distribution are hard to predict. It has so far proved difficult to match the current distribution of yew to specific climate parameters (the 'bioclimate envelope') due to the number of other factors affecting where the trees are found, particularly human exploitation and specific soil needs. This makes the prediction of the future distribution more difficult. But with temperature bands due to move north at an anticipated rate of 0.42 km y^{-1} and yew trees capable of living significantly over 2,000 years, it is likely that old veteran individuals will progressively die over the next few centuries. Yew is also likely to retreat from the southern end of its range due to increased temperatures but especially due to the negative effect this will have on water availability. A similar loss due to drought stress is also likely at the northern edge of its range where yews grow on well-drained limestone outcrops where there is little shelter from the sun (and thus increased evaporation) and reduced water availability due to limited root spread. On wetter northern sites, yew should find better climatic conditions but may well be slow to invade new areas due to poorer reproduction. Implicit in this is reduced pollen production with increasing temperatures, the need for male and female trees in close proximity to allow pollination (an increasing problem in shrinking populations) and the limitation of movement of seeds to new potential areas. Overall, without our intervention, the species will survive by inertia in the short-term but it will become much less common, leading to eventual extinction in many areas. Of more concern will be the loss of old veteran individuals, the oldest living organisms in Europe. The outcome of this is the urgent need for interventionist management for both old and young trees: relieving the stress on old veteran trees, and planting and maintaining seedlings through vulnerable young age. This will also require the movement of seeds from southern provenances to places further north.

KEY WORDS

Yew, Temperature, Precipitation, Seed, Seedlings, Bioclimate envelope, Species range

CLIMATE CHANGE IN EUROPE

It is considered highly probable that the climate in Europe will change over the next century, magnifying the current regional differences. Annual temperatures over Europe are due to increase with the greatest warming in southern Europe (Spain, Italy, Greece) and northeast Europe (Finland, western Russia) increasing by $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ by 2071-2100 (IPCC, 2013), with the least warming ($<2 \text{ }^{\circ}\text{C}$) along the Atlantic coastline. These differences will be particularly apparent during the summer where the pattern of warming will be greatest in the south, with southern Europe warming at a rate of between 0.2 and $0.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ per decade and northern Europe warming between 0.08 and $0.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ per decade. Annual precipitation is also likely to show a marked gradient with latitude with southern Europe becoming 15-20% drier (at a rate of 5% per decade) and Scandinavia and western Russia becoming 10-20% wetter (IPCC, 2013). And again, this increasing latitudinal disparity will be more pronounced in summer with the south being much drier and the north significantly wetter. Thus, in southern Europe, climate change is projected to worsen conditions (high temperatures and drought), with an increase in wildfires, in a region already vulnerable to climate variability. The north and west will be less affected by long-term drought, and may instead suffer from increased periodic waterlogging or flooding, but high temperatures and episodes of water shortage by high evapotranspiration will be a significant problem.

Across Europe, these changes are likely to lead to extensive species loss (in some areas up to 60% loss – IPCC, 2013). Despite trees being robust to short-term weather changes there is also likely to be a long-term decline in some tree species (particularly northern spruces and pines) and an expansion of Mediterranean species, and an overall lowering in tree density (HANEWINKEL *et al.*, 2013); they suggest that the loss to forestry from these changes by 2100 will cost Europe $>€190$ billion.

YEW: A TREE UNDER THREAT

It has been recognised that yew (*Taxus baccata*) is a relic of a moderate Tertiary climate (THOMAS & POLWART, 2003) and as a result of this ancestry modern trees grow best in the high humidity of mild oceanic climates. Thus, yew forms dense, pure woodlands in the

middle of its range across Central Europe into the British Isles, thinning out to small clumps and individual trees in moist niches at the extremities of its range, becoming a montane tree in the south and using the overstory of other trees and north-facing slopes to provide oceanic-like conditions around each individual. It is also recognised that yew is undoubtedly the longest-lived of all European trees reaching a maximum age of 1,000-2,000 years and possibly even 5,000 years old.

Yew is under threat. It has become locally extinct or reduced to small populations over the past 4,000 years in many parts of Europe and the former Soviet Union (THOMAS & POLWART, 2003) and this decline is continuing. This has led to many concerns over its long-term future (DHAR *et al.*, 2006; ISZKUŁO *et al.*, 2009; LINARES *et al.*, 2013; DEVANEY *et al.*, 2014) and yew is now legally protected in a number of European countries (HAGENEDER, 2007) and has priority status under the EU Habitats Directive (EUROPEAN COMMISSION, 2007). This decline is attributable to a wide range of reasons, undoubtedly partly due to climate change so far, but also due to excessive felling and other human disturbance.

However, the story of decline is not clear-cut since some populations have been seen to expand where conditions are suitable (CARVALHO *et al.*, 1999; SEIDLING, 1999) or management has been favourable (SVENNING & MAGÅRD, 1999). In Norway, regeneration seems to be healthy (13000+ 1-year old seedlings ha⁻¹ – DHAR *et al.*, 2006). Indeed, in the British Isles, PRESTON *et al.* (2002) report a slight expansion in yew distribution between 1930-1969 and 1987-99 (although this may be in part due to changing from recording trees that were felt to be native to recording all trees whether native or introduced).

In summary, yew is a tree that has long been under threat in Europe despite some localised increase, and it is likely that climate change will be an increasing threat. Since it needs a fairly mild climate, and with individuals likely to meet a considerable change in climate over their long life, yew is highly likely to be negatively affected by changes in climate. Having said this, can we predict how yew will be affected across its wide European range?

HOW WILL CLIMATE CHANGE AFFECT THE RANGE OF YEW?

It is expected that plant species in Europe will continue to move north as their preferred climatic conditions shift. On a world scale LOARIE *et al.* (2009) calculate that temperature bands are due to move north at an anticipated rate of 0.42 km y⁻¹. Plants are also moving up mountains for the same reason (PEÑUELAS *et al.*, 2007). But it is not straightforward to predict how far trees will move northwards in the future.

It has so far proved difficult to match the current distribution of yew to specific climate parameters (the 'bioclimate envelope' – PEARSON *et al.*, 2002; PEARSON & DAWSON, 2003) due to the number of other factors affecting where the trees are found, particularly human exploitation and specific soil needs. An idea of the *potential* range of trees based on bioclimate envelopes has been produced by SYKES *et al.* (1996); this is bigger than the actual range due to the other factors such as suitable soils, topography and human interference. SVENNING & SKOV (2004) take this further and calculate the realised/potential (R/P) range using similar methods. Across all European tree species the mean R/P = 38% ($\pm 30\%$ SD). For many dominant species, this ratio is high (e.g. beech *Fagus sylvatica* 74%; oaks *Quercus robur/petraea* 91/84%) showing that they tend to fill the majority of their potential range. However for yew, R/P was calculated as 51%, indicating that it fills just over half of its potential range. This is obviously partly due to the fairly narrow soil requirements of yew, restricting where it grows even within a suitable climate. But even on wetter northern sites, where yew should find better optimum climatic conditions and would be less restricted to calcareous soils, it may be absent due to poor reproduction.

This raises the question of whether the northwards shift in species range, by expansion in the north and contraction in the south, will actually happen. SVENNING & SKOV (2004) build on this by suggesting that yew has been limited by dispersal ability from postglacial times onwards, so it is still slowly moving into suitable areas. Since yew has yet to catch up with 10,000 years of postglacial climate change, it is unlikely to respond with any speed to the current rapid rate of climate change. This may be a particular problem for yew in the west of its range since here it is largely restricted to calcareous soils. These have a very patchy distribution and become a series of stepping stones with sufficient large gaps between to prevent the spread of yew by seed. Further east and north, yew will grow on almost any soil (ELWES & HENRY, 1906) but is still favoured by calcareous soil (VOLIOTIS, 1986), so while this stepping stone effect may not prevent colonisation of new areas it is likely to have a weakening effect on new seedlings growing on sub-optimum soil.

Yew is moreover likely to show only limited tracking of fast climatic changes since conditions are happening too quickly to allow trees to cope. ZHU *et al.* (2012) working in eastern N. America suggest that as the climate warms, the establishment of seedlings should be shifted north of the adult trees, so that in the far north there should be just seedlings (as the range expands) and in the south just adult trees with no seedlings as the range contracts due to loss of the competitive advantage it had under cooler conditions. They found, however, that for many species this is not happening. For the 92 species they looked at, the average range contraction in the south was

29 km, much as expected. However, they also found a range contraction at the north end of 42 km. It appears that since seedlings are more sensitive to variations in temperature (as GRUBB and HARPER both noted back in 1977) that the climate is already too inhospitable at the north end of a tree species range to allow seedling establishment.

This makes the prediction of the future distribution more difficult but it seems probable that yew will not migrate northwards at the rate suggested by suitable climatic conditions, and indeed the northern range may contract southwards as adult trees die.

WHAT WILL HAPPEN TO YEW WITHIN ITS CURRENT RANGE?

1. Mid-range

In the main bulk of its range, overall temperature and precipitation changes over the next century by themselves may have little effect on regeneration and production of new trees, and may even improve regeneration. Moreover, yew may possibly readily invade new areas within its current range (TITTENSOR, 1980), dependent upon the availability of spiny nurse plants such as juniper *Juniperus communis* to act as a perch for birds to drop yew seeds and to protect young seedlings from grazing (WILLIAMSON, 1978; GARCÍA & OBESO, 2003). But climate change may affect the long-term survival of established individuals. With temperature bands due to move north by an average of 0.42 km y⁻¹ (LOARIE *et al.*, 2009) this means that over the life of a 2,000-5,000 year old tree that suitable conditions will have moved 850-2,100 km to the north. Given that the current north/south distribution of yew is around 3,000 km (THOMAS & POLWART, 2003) and that the speed of climatic shift is likely to increase, it is highly probable that old veteran individuals will progressively die over the next few centuries, thus removing one of the distinctive features of the central European landscape.

2. Northern range

Towards the northern end of its current range, yew faces a number of problems, particularly for the seedlings, including low temperatures, deep canopy shade, herbivory, and physiological drought in shoulder seasons when the stem is physiologically active and losing water but the roots are too cold to function, and the seedlings face effective drought (SANZ *et al.*, 2009; ISZKUŁO, 2010; LINARES, 2013). LINARES (2013) shows that yew regeneration is significantly lower above c. 55° latitude than further south. While yew seedlings are very shade tolerant, survival and growth is better under a reduced shade of >10% full sunlight. So, a warming climate with wetter summers, aided by less-

dense woodland (brought about by a general disruption to plant communities in the face of species changes), should lead to an expansion in yew numbers within its current range providing that summer drought is not too intense. Certainly for yews growing on well-drained limestone outcrops where there is little shelter from the sun (and thus increased evaporation) and reduced water availability due to limited root spread, summer drought may indeed be limiting (THOMAS & POLWART, 2003). Thus the final picture is likely to be population growth on semi-shaded, damp sites and population contraction on more exposed sites.

3. Southern range

At the southern end of its range yew populations are likely to decrease due to increased temperatures acting mainly through increasing evapotranspiration, reinforcing the reduced water availability due to decreased summer precipitation, creating drought conditions (SANZ *et al.*, 2009; MENDOZA *et al.*, 2009b). Again, this is most likely to operate at the level of reduced numbers of seedlings. Certainly, yew seedlings are already scarce at the southern edge of its range compared to competitors such as hawthorn *Crataegus monogyna* and holly *Ilex aquifolium* (MENDOZA *et al.*, 2009a; MARTÍNEZ *et al.*, 2013). Fewer seedlings will leave an increasingly old population of individuals. Yew relies on extreme longevity and extreme shade tolerance to survive (WATT, 1926), so the remnant populations will likely survive for many years but in turn will eventually also succumb to the increasingly harsher climate.

4. Compounding factors

As noted above for the northern range, shade is important for regeneration. Although yew seedlings are very shade tolerant (surviving <2% full sunlight), they survive and grow better in the less shaded conditions outside of its own canopy (DHAR *et al.*, 2007; RUPRECHT *et al.*, 2010; ISZKUŁO, 2010; LINARES, 2013). So forestry and other forest management has the potential to make a large difference to the success of yew. In the central part of its range, where yew creates dense, pure woodlands, some regeneration appears in gaps with shrubs but mostly it occurs in light, open areas surrounding existing woodlands (SVENNING & MAGÅRD, 1999; THOMAS & POLWART, 2003; DEVANEY *et al.*, 2014). This is likely to expose seeds (which mostly germinate in the second or even third year after reaching the ground – MELZACK & WATTS, 1982) and new seedlings to the full force of the changing climate. In the south, where yew is scattered through more open woodlands, this may cause less of a problem since the seedlings will have some overstorey above them buffering them from harsh conditions and the yew seedlings will still be highly competitive (ISZKUŁO &

BORATYNSKI, 2006; DHAR *et al.*, 2007; RUPRECHT *et al.*, 2010).

A further complication is that competitive species will change with climate. For example in Lithuania, the current climate is suitable for yew and small populations thrive. But by 2031–60, OZOLINCIUS *et al.* (2014) suggest that the climate will be suitable for a number of highly competitive species including sycamore *Acer pseudoplatanus*, beech *Fagus sylvatica*, and to a lesser extent field maple *Acer campestre*, which will invade the forests. By 2061–2090 these will be joined by large leaved lime *Tilia platyphyllos*, with the potential to reduce the success of yew regeneration (PACKHAM *et al.*, 2012). At the end of the twenty-first century, sweet chestnut *Castanea sativa* could also invade the woodland, further increasing competition against the yew, itself weakened by climate change.

Seed production of yew is likely to decrease with climate change. Implicit in this is reduced pollen production with increasing temperatures. MERCURI *et al.* (2013) noted that in northern Italy the amount of pollen being produced by yew declined over an 18 year period while at the same time the overall pollen concentration of total woody species went up. Yew acts as a winter flowering plant and so, paradoxically, pollen production is delayed in spring with warmer temperatures and stops sooner, producing a shorter pollen release period. Being dioecious, with separate male and female trees, pollination is more successful with male and female trees in close proximity. Long-term population fragmentation and shrinking population size are thus likely to lead to lower fertilization and production of viable seed. This is being compounded by a decrease in the proportion of female trees in response to climate. ISZKUŁO *et al.* (2009) found that drought leads to loss of female trees in competition with males. Their findings agree with previous research (e.g. OBESO, 2002) that the increased reproductive effort in females appears to make them more susceptible to the effects of drought. Certainly, while growth is negatively correlated with high temperatures in August and September, females in western Poland produce wider rings in wetter summers (CEDRO & ISZKUŁO, 2011).

Smaller and more isolated populations also produce a high degree of inbreeding in yew populations (DUBREUIL *et al.*, 2008; MYKING *et al.*, 2009) limiting the genetic diversity. Indeed, LEWANDOWSKI *et al.* (1995) noted that new progeny show much higher levels of inbreeding, probably because of limited seed-dispersal and mating between close neighbours. However, they also showed that loss of genetic variation in depleted populations is not necessarily a problem since a strongly declining population in Poland showed high levels of genetic diversity. This is probably because yew is an inherently genetically variable species compared with other conifers (LEDIG, 1986) and high genetic variation is encouraged by dioecy and wind pollination.

CONCLUSIONS

It is clear from the above that while yew trees will survive in the short-term, the adult trees will gradually succumb to environmental pressure albeit slowly within the main range. But long before that regeneration will have largely disappeared in the south and certainly decreased in the centre and north of its current range. This will happen without the benefit of the range expanding to the north and providing new territory with a cooler, wetter climate. Without human intervention, in the long-term yew will go into an 'extinction debt' in many areas, that is, it will effectively be an extinct species with no reproduction but the last individuals have yet to die. For many of us this would be a disaster in itself, but it also has wider implications than the loss of one species since yew is home to myriad insects and fungi (THOMAS & POLWART, 2003) and other ecosystem services including carbon storage; loss of old trees in old woodlands will lower productivity and carbon storage (MICHALETZ *et al.*, 2014).

Conservation programmes are already underway throughout the range of yew (e.g. DHAR *et al.*, 2007; PIOVESAN *et al.*, 2009) but where do the priorities lie?

- Relieving the stress on adult trees (to protect established reproductive individuals) and old veteran trees rich in biodiversity. For isolated individuals in the open, and to a lesser extent in dense yew woodlands, this might require irrigation to reduce the effects of high summer temperatures and drought, and possibly artificial shade in the short-term, growing tall nearby trees to provide the same in the long-term. In forests that contain yews, such as old-growth beech forests, a degree of selective thinning to reduce timber volume by around 10–20% provides beneficial light to yew trees without unduly stimulating competitive species (DAHR *et al.*, 2006; RUPRECHT *et al.*, 2010). Long-term rotations, with lengthy periods between extensive felling operations, and preferably continuous cover forestry rather than clear felling would also be beneficial (DHAR *et al.*, 2007; FARRIS & FILIGHEDDU, 2008).
- Planting and maintaining seedlings through their vulnerable first years giving protection where necessary from grazing and high winds which can desiccate in summer and allow frost damage in the north in winter. Ideally, yew populations should have an area of at least 0.5–3.0 ha to be self-supporting (PIOVESAN *et al.*, 2009) together with a minimum number of 40 individuals with more-or-less equal proportions of males and females (ISZKUŁO *et al.*, 2009).
- Movement of seeds from southern provenances to places further north. This requires decisions on what sort of climate you are planting for, and using this as a basis for deciding from where the seeds should be brought. The warmer the conditions planned for, the further south the donor site. At the southern end of the range this obviously presents problems but given the wide genetic composition of most yew populations, the solution is to plant a greater number of seeds with the expectation that at least some will be pre-adapted for coping with warmer, drier conditions.

ACKNOWLEDGEMENTS

My thanks to the many people who have contributed so much to the literature on the ecology of yews, and especially to Xavier García Martí for the many discussions, arguments and agreements on a wide range of tree issues.

BIBLIOGRAPHY

CEDRO, A. & ISZKUŁO, G. (2011). Do females differ from males of European yew (*Taxus baccata* L.) in dendrochronological analysis? *Tree-Ring Research* 67: 3-11.

CARVALHO, A., REBELO, A. & DIAS, J. (1999). Distribution and natural regeneration of yew trees in the National Parks of Peneda-Geres (Portugal) and Baixa Limia Serra-Xures (Spain). *Revista de Biologia* 17: 43-49.

DEVANEY, J.L., JANSEN, M.A.K. & WHELAN, P.M. (2014). Spatial patterns of natural regeneration in stands of English yew (*Taxus baccata* L.); Negative neighbourhood effects. *Forest Ecology and Management* 321: 52-60.

DHAR, A., RUPRECHT, H., KLUMPP, R. & VACIK, H. (2006). Stand structure and natural regeneration of English yew (*Taxus baccata* L.) at Stiwwollgraben in Austria. *Dendrobiology* 56: 19-26.

DHAR, A., RUPRECHT, H., KLUMPP, R. & VACIK, H. (2007). Comparison of ecological condition and conservation status of English yew population in two Austrian gene conservation forests. *Journal of Forest Research* 18: 181-186.

DUBREUIL, M., SEBASTIANI, F., MAYOL, M., GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, S.C., RIBA, M. & VENDRAMIN, G.G. (2008). Isolation and characterization of polymorphic nuclear microsatellite loci in *Taxus baccata* L. *Conservation Genetics* 9:1665-1668.

ELWES, H.J. & HENRY, A. (1906). *The Trees of Great Britain and Ireland*. Privately printed, Edinburgh, UK.

EUROPEAN COMMISSION (2007). *Interpretation manual of European Union Habitats – EUR27*. DG Environment, European Commission.

FARRIS, E. & FILIGHEDDU, R. (2008). Effects of browsing in relation to vegetation cover on common yew (*Taxus baccata* L.) recruitment in Mediterranean environments. *Plant Ecology* 199: 309-318.

GARCÍA, D. & OBESO, J.R. (2003). Facilitation by herbivore-mediated nurse plants in a threatened tree, *Taxus baccata*: local effects and landscape level consistency. *Ecography* 26: 739-750.

GRUBB, P.J. (1977). The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. *Biological Reviews* 52: 107-145.

HAGENEDER, F. (2007). *Yew: A History*. Sutton Publishing, Stroud.

HANEWINKEL, M., CULLMANN, D.A., SCHELHAAS, M.-J., NABUURS, G.-J. & ZIMMERMANN, K.E. (2013). Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Climate Change*, 3: 203-207.

HARPER, J.L. (1977). *Population Biology of Plants*. Academic Press, London.

IPCC (2013). *Climate Change 2013. The Physical Science Basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge.

ISZKUŁO, G. (2010). Success and failure of endangered tree species: low temperatures and low light availability affect survival and growth of European yew (*Taxus baccata* L.) seedlings. *Polish Journal of Ecology* 58: 259-271.

ISZKUŁO, G. & BORATYŃSKI, A. (2006). Analysis of the relationship between photosynthetic photon flux density and natural *Taxus baccata* seedlings occurrence. *Acta Oecologia* 29: 78-84.

ISZKUŁO, G., JASIŃSKA, A.K., GIERTYCH, M.J. & BORATYŃSKI, A. (2009). Do secondary sexual dimorphism and female intolerance to drought influence the sex ratio and extinction risk of *Taxus baccata*? *Plant Ecology* 200: 229-240.

LEDIG, F.T. (1986). Heterozygosity, heterosis, and fitness in outbreeding plants. In: *Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity* (SOULE, M. E. ed.), pp. 77–104. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA.

LEWANDOWSKI, A., BURCZYK, J. & MEJNARTOWICZ, L. (1995). Genetic structure of English yew (*Taxus baccata* L.) in the Wierzchlas Reserve: implications for genetic conservation. *Forest Ecology and Management* 73: 221-227.

LINARES, J.C. (2013). Shifting limiting factors for population dynamics and conservation status of the endangered English yew (*Taxus baccata* L., Taxaceae). *Forest Ecology and Management* 291: 119-127.

LOARIE, S.R., DUFFY, P.B., HAMILTON, H., ASNER, G.P., FIELD, C.B. & ACKERLY, D.D. (2009). The velocity of climate change. *Nature* 462: 1052-1055.

MARTÍNEZ, I., TABOADA, F.G., WIEGAND, T. & OBESO, J.M. (2013). Spatial patterns of seedling-adult associations in a temperate forest community. *Forest Ecology and Management* 296: 74-80.

MELZACK, R.N. & WATTS, D. (1982). Variations in seed weight, germination, and seedling vigour in the yew (*Taxus baccata* L.) in England. *Journal of Biogeography* 9: 55-63.

- MENDOZA, I., GÓMEZ-APARICIO, L., ZAMORA, R. & MATÍAS, L. (2009a). Recruitment limitation of forest communities in a degraded Mediterranean landscape. *Journal of Vegetation Science* 20: 367-376.
- MENDOZA, I., ZAMORA, R. & CASTRO, J. (2009b). A seeding experiment for testing tree community recruitment under variable environments: implications for forest regeneration and conservation in Mediterranean habitats. *Biological Conservation* 142: 1491-1499.
- MERCURI, A.M., TORRI, P., CASINI, E. & OLM, L. (2013). Climate warming and the decline of *Taxus* airborne pollen in urban pollen rain (Emilia Romagna, northern Italy). *Plant Biology* 15 (Suppl. 1): 70-82.
- MICHALETZ, S.T., CHENG, D., KERKHOFF, A.J. & ENQUIST, B.J. (2014). Convergence of terrestrial plant production across global climate gradients. *Nature* 512: 39-43.
- MYKING, T., VAKKARI, P. & SKRØPPA, T. (2009). Genetic variation in northern marginal *Taxus baccata* L. populations. Implications for conservation. *Forestry* 82: 529-539.
- OBESO, J.R. (2002). The costs of reproduction in plants. *New Phytologist* 155: 321-348.
- OZOLINČIUS, R., LEKEVIČIUS, E., STAKĖNAS, V., GALVONAITĖ, A., SAMAS, A. & VALIUKAS, D. (2014). Lithuanian forests and climate change: possible effects on tree species composition. *European Journal of Forest Research* 133: 51-60.
- PACKHAM, J.R., THOMAS, P.A., ATKINSON, M.D. & DEGEN, T. (2012). Biological Flora of the British Isles *Fagus sylvatica* L. *Journal of Ecology* 100: 1557-1608.
- PEARSON, R.G. & DAWSON, T.P. (2003). Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology & Biogeography* 12: 361-371.
- PEARSON, R.G., DAWSON, T.P., BERRY, P.M. & HARRISON, P.A. (2002). SPECIES: a spatial evaluation of climate impact on the envelope of species. *Ecological Modelling* 154: 289-300.
- PEÑUELAS, J., OGAYA, R., BOADA, M. & JUMP, A.S. (2007). Migration, invasion and decline: changes in recruitment and forest structure in a warming-linked shift of European beech forest in Catalonia (NE Spain) *Ecography* 30: 829-837.
- PIOVESAN, G., PRESUTTI SABA, E., BIONDI, F., ALESSANDRINI, A., DI FILIPPO, A. & SCHIRONE, B. (2009). Population ecology of yew (*Taxus baccata* L.) in the Central Apennines: spatial patterns and their relevance for conservation strategies. *Plant Ecology* 205: 23-46.
- PRESTON C.D., PEARMAN D.A. & DINES T.D. (2002). *New Atlas of the British and Irish Flora*. Oxford University Press, Oxford.
- RUPRECHT, H., DHAR, A., AIGNER, B., OITZINGER, G., KLUMPP, R. & VACIK, H. (2010). Structural diversity of English yew (*Taxus baccata* L.) populations. *European Journal of Forest Research* 129: 189-198.
- SANZ, R., PULIDO, F. & NOGUÉS-BRAVO, D. (2009). Predicting mechanisms across scales: amplified effects of abiotic constraints on the recruitment of yew *Taxus baccata*. *Ecography* 32: 993-1000.
- SEIDLING, W. (1999). Spatial structures of a subspontaneous population of *Taxus baccata* saplings. *Flora* 194: 439-451.
- SVENNING, J.-C. & MAGÅRD, E. (1999). Population ecology and conservation status of the last natural population of English yew *Taxus baccata* in Denmark. *Biological Conservation* 88: 173-182.
- SVENNING, J.-C. & SKOV, F. (2004). Limited filling of the potential range in European tree species. *Ecology Letters* 7: 565-573.
- SYKES, M.T., PRENTICE, I.C. & CRAMER, W. (1996). A bioclimatic model for the potential distributions of north European tree species under present and future climates. *Journal of Biogeography* 23: 203-233.
- THOMAS, P. A. & POLWART, A. (2003). Biological flora of the British Isles. *Taxus baccata* L. *Journal of Ecology* 91: 489-524.
- TITTENSOR, R.M. (1980). Ecological history of yew *Taxus baccata* L. in southern England. *Biological Conservation* 17: 243-265.
- VOLIOTIS, D. (1986). Historical and environmental significance of the yew (*Taxus baccata* L.). *Israel Journal of Botany* 35, 47-52.
- WATT, A.S. (1926). Yew communities of the South Downs. *Journal of Ecology* 14: 282-316.
- WILLIAMSON, R. (1978). *The Great Yew Forest – The Natural History of Kingley Vale*. Macmillan, London, UK.
- ZHU, K., WOODALL, C.W. & CLARK, J.S. (2012). Failure to migrate: lack of tree range expansion in response to climate change. *Global Change Biology* 18: 1042-1052.

Regeneración del tejo en las montañas cantábricas: ampliando el enfoque a través del espacio, el tiempo y la complejidad ecológica

Yew regeneration in Cantabrian Mountains: widening the scope across space, time and ecological complexity

DANIEL GARCÍA^{1*}, DANIEL MARTÍNEZ¹, JESSICA E. LAVABRE²

¹Depto. de Biología de Organismos y Sistemas, Universidad de Oviedo, y Unidad Mixta de Investigación en Biodiversidad (UMIB, CSIC-UO-PA), C/Catedrático Valentín Andrés Álvarez s/n, OVIEDO ES-33006, ESPAÑA.

²Grupo de Ecología Integradora, Estación Biológica de Doñana, CSIC, C/Américo Vespucio s/n, SEVILLA ES-41092, ESPAÑA.

danielgarcia@uniovi.es

RESUMEN

Actualmente disponemos de un conocimiento detallado de los procesos ecológicos que modulan, a escala pequeña, la regeneración natural del tejo en las montañas cantábricas. Sin embargo, de cara a una gestión efectiva de la especie, necesitamos comprender la ecología del tejo ampliando la escala espacio-temporal y cubriendo niveles ecológicos de mayor complejidad. Para ello, debemos considerar que el tejo cantábrico aparece en bosques muy fragmentados, inmersos entre pastizales y brezales. Estos bosques suelen estar dominados por acebos y espinos albares y serbales, árboles de fruto carnoso que comparten con el tejo un gremio común de animales dispersores de semillas (aves, como zorzales y mirlos, y mamíferos carnívoros). Además, tanto la fructificación de los árboles como la composición del gremio de dispersores pueden variar fuertemente entre años, incluso dentro de una misma localidad. En esta comunicación, se analiza el proceso de dispersión de semillas mediante una aproximación que incluye la comunidad de árboles y animales dispersores, utiliza una escala amplia para tener en cuenta la estructura del paisaje, y cubre años con intensidades de fructificación muy diferentes. Las redes de interacciones entre árboles y aves frugívoras cambian entre años, lo que promueve variaciones en la dispersión del tejo. Aunque la estructura del paisaje impone fuertes restricciones a la dispersión de semillas (se concentra desproporcionadamente en zonas de mayor cobertura forestal y muchos frutos), la magnitud y la calidad de la dispersión dependen en gran medida de la abundancia y la diversidad de especies dispersoras. Los cambios interanuales en la distribución de los frutos a gran escala también son importantes para promover una mayor dispersión de las semillas fuera de

los bosques. La conservación del tejo cantábrico requiere 1) gestionar las interacciones con animales dispersores de semillas, otros árboles de fruto carnoso y arbustos facilitadores del reclutamiento fuera del bosque; 2) identificar la diversidad taxonómica y funcional como atributos a mejorar en los bosques degradados; 3) evitar la progresiva pérdida y fragmentación de los bosques; y 4) considerar el dinamismo interno del paisaje forestal relacionado la producción de frutos.

PALABRAS CLAVE

bosque secundario Cantábrico, dispersión de semillas, pérdida de bosque, redes de interacciones planta-animal, regeneración, *Turdus* spp., variabilidad interanual.

ABSTRACT

We currently have a detailed knowledge about the ecological processes shaping, at a fine scale, Yew natural regeneration in Cantabrian Mountains. However, in order to achieve an effective management of this species, we still need to improve our understanding of yew ecology by enlarging the spatio-temporal scale, and by covering more complex ecological levels. For that, we must take into account that the typical yew habitat is a highly fragmented forest, embedded in pastures and heathland. This sort of forest is dominated by Holly, Hawthorn and Rowan, fleshy-fruited trees that share with Yew a common guild of seed disperser animals (birds, mostly thrushes, and carnivorous mammals). Moreover, both tree fruiting and the composition of seed dispersal guild may strongly change from year to year, even in the same site. In this paper, we analyze seed dispersal process

from an approach that covers 1) the whole network of trees and animal dispersers, 2) a large spatial scale suitable to represent landscape structure, and 3) several years with very different fruiting intensity. The networks of interactions between trees and frugivorous birds are highly variable among years, leading to changes in Yew seed dispersal. The spatial structure of the landscape constrains heavily seed dispersal pattern (as it is strongly biased to landscape areas with high forest cover and many fruits). Nonetheless, both the magnitude and the quality of seed dispersal depend on frugivore abundance and diversity, irrespective of landscape structure. Inter-annual changes in the large-scale distribution of fruit crops across the landscape also affect seed dispersal, especially that directed to areas out of forest. Cantabrian yew conservation plans should 1) manage the interactions with seed disperser animals, other fleshy-fruited trees, and shrubs facilitating recruitment out of forest; 2) target taxonomic and functional diversity as features to improve in degraded forests; 3) avoid further forest loss and fragmentation; and 4) consider the dynamism of forest landscape driven by variable fruit crops.

KEYWORDS

Cantabrian secondary forest, forest loss, inter-annual variability, plant-animal interaction networks, seed dispersal, regeneration, *Turdus* spp.

PROCESOS LOCALES DE REGENERACIÓN DEL TEJO CANTÁBRICO

El tejo (*Taxus baccata* L.) es una especie arbórea longeva, de distribución amplia en Eurasia, pero con poblaciones locales pequeñas, dispersas y, frecuentemente, envejecidas (THOMAS & POLWART, 2003; LINARES, 2013). Debido a su rareza y a las dificultades para la regeneración natural de las poblaciones, es una especie con interés de conservación en toda Europa (THOMAS & POLWART, 2003). En la región cantábrica de la Península Ibérica, muestra un área de distribución continua (SERRA & GARCÍA, 2010), y es relativamente frecuente en bosques de altitud media (Figura 1). No obstante, en esta región, ha sufrido un proceso histórico de regresión (PÉREZ-DÍAZ & AL., 2013) y muchas poblaciones muestran indicios de declive demográfico (GARCÍA & OBESO, 2003). Esta situación ha conllevado el desarrollo de marcos legales de protección (especie de Interés Especial, con Plan de Uso y Gestión, en el Principado de Asturias; GARCÍA, 2007).

Actualmente se dispone de información abundante sobre los procesos que determinan la regeneración del tejo cantábrico a escala local (revisados en GARCÍA, 2007, y SCHWENDTNER, 2010). La especie es capaz de fructificar con éxito, sin grandes variaciones entre años, cada hembra produciendo miles de arilocarpos con una alta proporción de semillas viables (GARCÍA, 2007).



Figura 1. Tejo adulto en la Sierra de Peña Mayor (Asturias), aislado en una matriz deforestada de pastizal-brezal. Autor: Daniel García. Yew adult tree in Sierra de Peña Mayor (Asturias), isolated in a pasture-heathland, deforested matrix. Photo by Daniel García.

Estos arilos son consumidos por aves frugívoras como zorzales y mirlos (*Turdus* spp.) y, en menor medida, por mamíferos carnívoros (e.g. tejón *Meles meles*; MARTÍNEZ & AL., 2008).

Aunque las aves toman muchas semillas de los árboles, realizan una dispersión muy heterogénea a escala pequeña: la gran mayoría de las semillas caen bajo tejos adultos (tanto hembras como machos), unas pocas lo hacen bajo otros árboles de fruto carnoso (como acebos *Ilex aquifolium*), y muy pocas son depositadas fuera del dosel de los árboles (GARCÍA, 2007). Una vez dispersadas, las semillas sufren una fuerte depredación por roedores, mayor bajo los árboles que en sitios abiertos. Aún así, es posible encontrar plántulas recién germinadas, pues la tasa de germinación alcanza el 80% la segunda y tercera primavera tras la dispersión (GARCÍA, 2007). Sin embargo, el éxito de la germinación no garantiza un reclutamiento intenso. Así, las plántulas tienen una altísima tasa de mortalidad durante los primeros años de vida, sobre todo debido al pisoteo y consumo por ungulados silvestres y domésticos. No obstante, cuando están protegidas por plantas nodrizas (árboles espinosos como el acebo), consiguen sobrevivir (GARCÍA, 2007). El crecimiento y la supervivencia a largo plazo de los juveniles pueden verse inhibidos cuando éstos crecen en sombra profunda, como dentro de los hayedos (SCHWENDTNER, 2010).

Aunque estos estudios proporcionan una información básica para entender la ecología de regeneración del tejo cantábrico y sentar las bases de su gestión y conservación, no dejan de ser una visión sesgada: la mayoría de las veces evalúan procesos biológicos a una escala espacial pequeña (la localidad) desde una perspectiva centrada exclusivamente en la especie. Ampliar esta visión requiere, por una parte, considerar que el tejo forma parte de un conjunto de especies de plantas y animales relacionados entre sí mediante interacciones ecológicas. Es decir, que muchos procesos que afectan a la regeneración del tejo tienen una dimensión comunitaria. Por otra parte, requiere ampliar la escala espacial para evaluar la regeneración en relación a las características del paisaje, así como extender la dimensión temporal a lo largo de distintos años. En este trabajo, sintetizamos estudios recientes que permiten evaluar la regeneración del tejo cantábrico desde una perspectiva multidimensional, combinado espacio, tiempo y complejidad ecológica. El tejo cantábrico aparece con más frecuencia en orlas de hayedos maduros y en bosques secundarios dominados por acebos y espinos albares (*Crataegus monogyna*). Con estas especies de fruto carnoso comparte un gremio común de frugívoros que actúan como dispersores de semillas. Como proceso focal utilizaremos, por tanto, la dispersión de semillas de árboles por animales frugívoros. Ésta es una fase demográfica de alta importancia sobre la dinámica y la estructura espacial de las poblaciones, y que, además, representa el resultado de una red compleja de interacciones tróficas.

AMPLIANDO LA ESCALA ESPACIAL: LA DISPERSIÓN DEL TEJO EN OTRAS MONTAÑAS IBÉRICAS

El proceso de dispersión de semillas en el tejo cantábrico -con una distribución muy sesgada hacia las áreas bajo el dosel de los adultos y apenas semillas fuera del dosel arbóreo- puede suponer una fuerte limitación para la expansión de las poblaciones y la recolonización de zonas deforestadas. Para evaluar si este patrón de dispersión sesgada es idiosincrásico de la región, estudiamos simultáneamente poblaciones a lo largo de un gradiente latitudinal en la Península Ibérica (Cordillera Cantábrica, Sistema Central y Sierras Béticas; LAVABRE, 2008). Aunque la estructura del ecosistema no es totalmente comparable entre sitios, en términos de qué microhábitats (ambientes a escala espacial muy fina) pueden distinguirse en cada uno, aparece un patrón general en la distribución de las semillas dispersadas por animales. Así, una gran mayoría de las semillas son depositadas bajo los tejos adultos (tanto hembras como machos). Otros árboles y arbustos pueden recibir también algunas semillas, sobre todo cuando ofrecen frutos (como los acebos del bosque cantábrico) o posaderos (como los pinos en las montañas mediterráneas) para las aves (Figura 2A). Por el contrario, y en todas las localidades, una muy escasa proporción llega a puntos fuera del dosel de árboles o arbustos, hacia pastizales o rocas. En resumen, el patrón de distribución sesgada en la dispersión de semillas, y su consiguiente efecto de limitación demográfica, es generalizable a escala geográfica.

El patrón sesgado de dispersión de semillas se explica bien a partir de la composición del gremio de animales dispersores de semillas, también evaluado en cada región (Figura 2B; LAVABRE, 2008). En todas las localidades, la gran mayoría de las semillas dispersadas son atribuibles a zorzales y mirlos, mientras que sólo una escasa proporción es movilizada por aves pequeñas (e.g. petirrojo *Erithacus rubecula* y currucas *Sylvia* sp.), y mamíferos carnívoros (e.g. tejón y zorro *Vulpes vulpes*). Esta distribución tan poco equitativa de la dispersión entre distintos tipos de animales provocaría la heterogeneidad espacial, ya que la mayoría de las especies de zorzales y mirlos son poco proclives a desplazarse por las zonas abiertas sin cobertura forestal (MORALES & AL., 2013).

AMPLIANDO LA ESCALA ESPACIAL: RESPUESTA DEL TEJO A LA PÉRDIDA Y FRAGMENTACIÓN DE HÁBITAT EN EL BOSQUE CANTÁBRICO

Debido al uso humano (forestal, expansión de pastos para ganadería extensiva), los bosques montanos cantábricos han sufrido un proceso milenar de pérdida y fragmentación, reduciéndose de una superficie relativamente continua a un alto número de fragmentos pequeños, muy aislados y de forma muy irregular, que

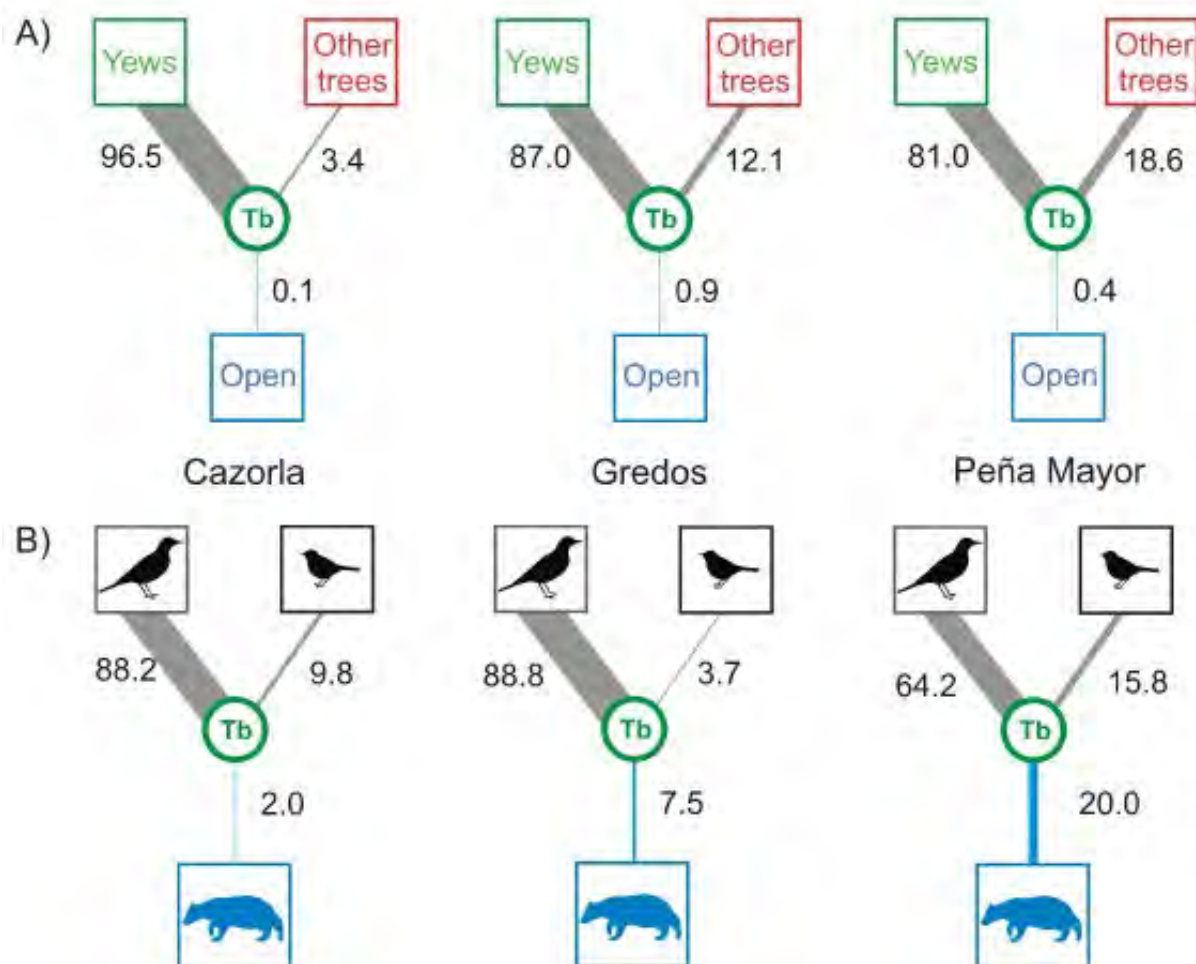


Figura 2. A) Patrones de dispersión de semillas de tejo (nodo central, Tb) hacia distintos microhábitats (Yews: bajo tejos adultos; Other trees; bajo otros árboles y arbustos, Open: zonas sin cobertura arbórea) en las Sierras Béticas (Sierra de Cazorla, Jaén), el Sistema Central (Sierra de Gredos, Cáceres) y la Cordillera Cantábrica (Sierra de Peña Mayor, Asturias). El grosor de los vínculos es proporcional a la proporción de semillas dispersadas. B) Porcentaje de semillas movilizadas por distintos tipos de animales dispersores (arriba izquierda: zorzales; arriba derecha: passeriformes pequeños; abajo: mamíferos carnívoros) en las mismas localidades. A) y B) modificado de LAVABRE (2008). Ilustraciones de Daniel Martínez. A) Yew seed dispersal patterns (Tb) towards different microhabitats (Yews: under adult yews, Other trees; under other trees/shrubs, Open: areas out of tree cover) at Baetic Mountains (Sierra de Cazorla, Jaén), the Central System (Sierra de Gredos, Cáceres) and the Cantabrian Range (Sierra de Peña Mayor, Asturias). Link width is proportional to the proportion of dispersed seeds. B) Percentage of seeds dispersed by different animals (up left: thrushes; up right: small passerines; down: carnivores) in the same sites. A) and B) modified from LAVABRE (2008). Artwork by Daniel Martínez.

ocupan actualmente menos del 25% del área forestal potencial (GARCÍA & AL., 2005). Estudiamos un paisaje forestal muy fragmentado en Asturias para evaluar la influencia de la configuración del bosque en la presencia de tejo y otras especies arbóreas, así como su dispersión de semillas. Encontramos que la presencia de árboles adultos de tejo era mucho menor que la de acebo o espinos albar, y además esta presencia era mucho más sensible a la pérdida de bosque que en las otras especies: cuando analizamos un gradiente de cobertura forestal, la probabilidad de encontrar tejos disminuye rápidamente en zonas de baja cobertura, aún pobladas por espinos y acebos (Figura 3). Por otra parte, la pérdida de bosque también repercute negativamente en los procesos de

dispersión conjunta de semillas de árboles de fruto carnoso por zorzales y mirlos (Figura 4A; GARCÍA & AL., 2010). La pérdida de bosque supone menos hábitat para las aves, que reducen tanto su abundancia como su actividad al disponer de menos frutos carnosos para alimentarse y menos cobertura para protegerse (Figura 4B; GARCÍA & AL., 2010). En resumen, la pérdida y la fragmentación de los bosques montanos repercuten negativamente en la dispersión de semillas y eso, a la larga, recluye al tejo a las zonas menos deforestadas y a las manchas de bosque más grandes, cada vez más escasas.

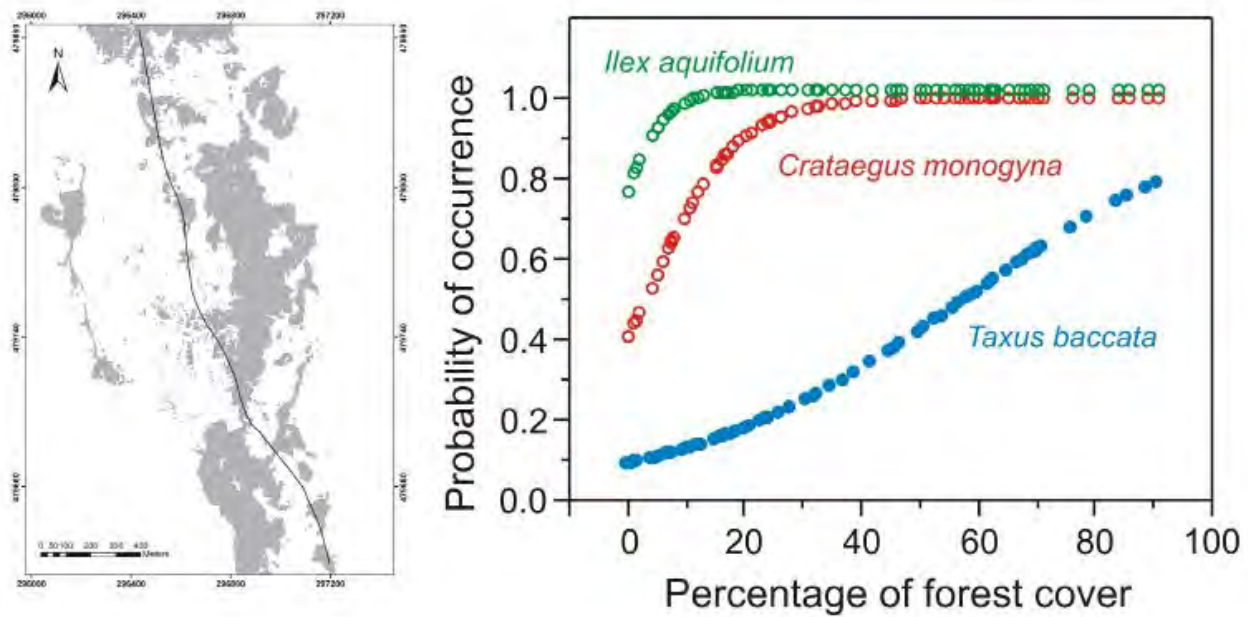


Figura 3. Probabilidad de aparición de distintas especies de árboles de fruto carnoso sobre un paisaje forestal fragmentado en la Cordillera Cantábrica (transecto de 100 unidades contiguas de 25 m x 20 m, panel izdo.), en relación a la cobertura forestal. Los puntos representan la predicción de modelos logísticos. Probability of occurrence of different fleshy-fruited tree species over a fragmented landscape in the Cantabrian Range (transect with 100 units of 25 m x 20 m, left pannel), in relation to forest cover. Dots are values predicted by logistic models.

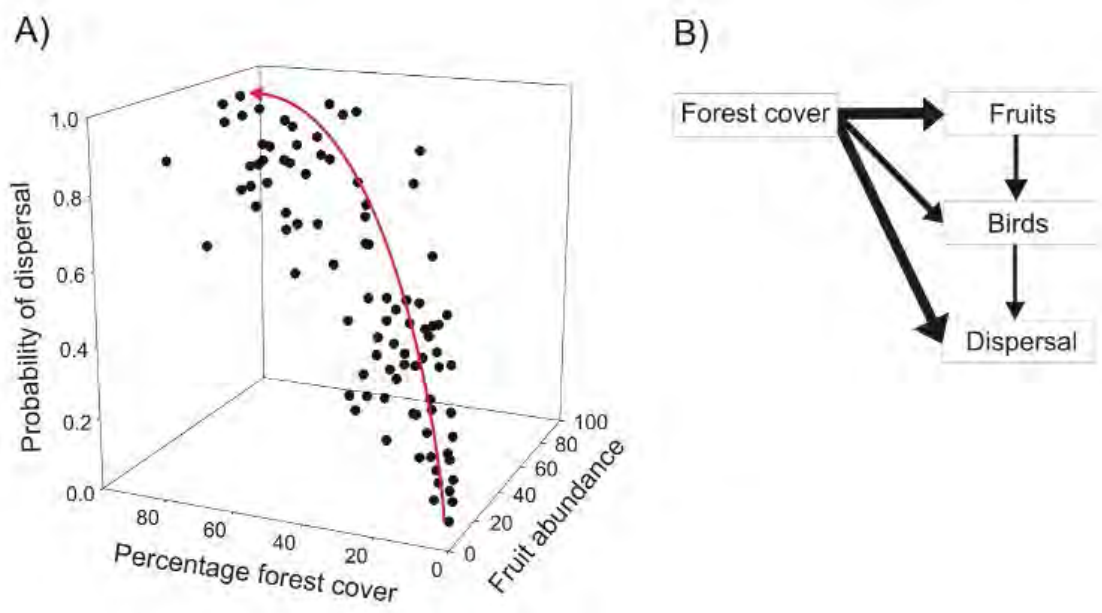


Figura 4. A) Probabilidad de aparición de semillas de árboles dispersadas por aves en relación a la cantidad de bosque y la abundancia de frutos carnosos, a lo largo del transecto de la figura 3. B) Resultado de un modelo de ecuaciones estructurales relacionando la probabilidad de dispersión de forma directa e indirecta con la cobertura forestal, la abundancia de frutos y la abundancia de aves. El grosor de las flechas es proporcional a la fuerza de los efectos (todos positivos). A) y B) modificado de GARCÍA & AL. (2010). Probability of occurrence of bird-dispersed tree seeds in relation to forest cover and fleshy fruit abundance, along the transect described in Figure 3. B) Path analysis scheme representing direct and indirect relationships between dispersal probability and forest cover, fruit abundance and bird abundance. Arrow width is proportional to the strength of effect (all effects positive). A) and B) modified from GARCÍA & AL. (2010).

EL ENFOQUE COMUNITARIO: REDES DE INTERACCIONES PLANTA-DISPERSANTE

Los procesos de dispersión de semillas de tejo cantábrico son el resultado global de un conjunto de interacciones ecológicas entre árboles de fruto carnoso y animales frugívoros que dispersan semillas. Una forma de estudiar estos entramados de interacciones de forma global es a través de una aproximación de redes, que representan las especies de plantas y animales como nodos conectados por interacciones (quién dispersa qué y cuánto). Así, la red global de dispersión del Bosque Cantábrico muestra al tejo inmerso en un complejo conjunto de especies de árboles y arbustos de fruto carnoso, aves y mamíferos (Figura 5; MARTÍNEZ & AL., 2008; LAVABRE 2008; GARCÍA & AL 2013; PEREDO & AL 2013). La estructura heterogénea de las interacciones en dicha red sugiere una fuerte complementariedad funcional, basada en la existencia de dos grupos de especies más conectadas entre sí que con el resto: uno formado por las especies arbóreas, dispersadas eminentemente por aves, y otro compuesto de arbustos dispersados preferentemente por mamíferos. En esta red existen también especies que interconectan estos grupos, y el tejo es una de ellas: es un árbol en el que los mamíferos dispersan una parte de las semillas. Este carácter “conector” del tejo es probablemente generalizable más allá del ecosistema cantábrico, ya que el reparto entre zorrales, aves pequeñas y mamíferos como dispersores ocurre también en las montañas del centro y el sur de la Península Ibérica (Figura 2B; LAVABRE, 2008).

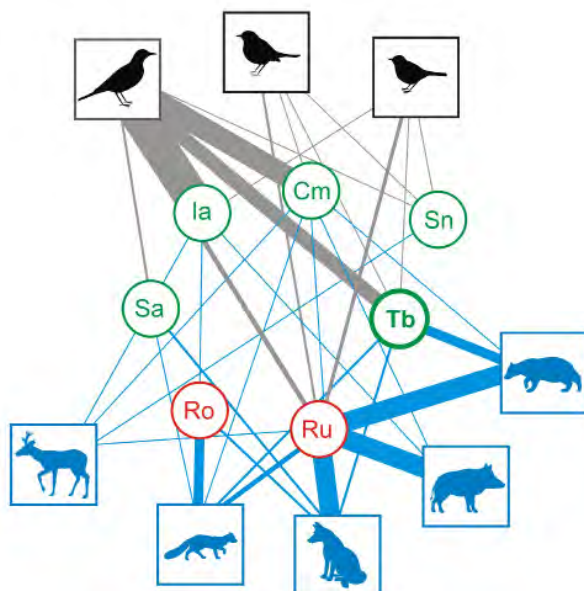


Figura 5. Red de interacciones de dispersión de semillas entre árboles (verde; Cm: *Crataegus monogyna*; Ia: *Ilex aquifolium*; Sa: *Sorbus aria/aucuparia*; Sn: *Sambucus nigra*; Tb: *Taxus baccata*) y arbustos (rojo; Ro: *Rosa* sp.; Ru: *Rubus fruticosus/ulmifolius*) de fruto carnoso y aves (negro; de izquierda a derecha: zorrales *Turdus* spp., petirrojo *Erithacus rubecula*, currucas *Sylvia* sp.) y mamíferos (azul; de izquierda a derecha: cérvidos *Cervus*/

Capreolus; martas *Martes* spp.; zorro *Vulpes vulpes*; jabalí *Sus scrofa*; tejón *Meles meles*) en los bosques secundarios de la Cordillera Cantábrica. El grosor de los vínculos es proporcional a la proporción de semillas dispersadas. Basado en MARTÍNEZ & AL. (2008), LAVABRE (2008); GARCÍA & AL. (2013) y PEREDO & AL. (2013). Ilustraciones de Daniel Martínez. Seed dispersal network between fleshy-fruited trees (green; Cm: *Crataegus monogyna*; Ia: *Ilex aquifolium*; Sa: *Sorbus aria/aucuparia*; Sn: *Sambucus nigra*; Tb: *Taxus baccata*) and shrubs (rojo; Ro: *Rosa* sp.; Ru: *Rubus fruticosus/ulmifolius*), and birds (black; from left to right: thrushes *Turdus* spp., robin *Erithacus rubecula*, warblers *Sylvia* sp.) and mammals (blue; from left to right: deers *Cervus*/*Capreolus*; martens *Martes* spp.; fox *Vulpes vulpes*; wild boar *Sus scrofa*; badger *Meles meles*) in Cantabrian secondary forests. Link width is proportional to the proportion of dispersed seeds. Based on MARTÍNEZ & AL. (2008), LAVABRE (2008); GARCÍA & AL. (2013) y PEREDO & AL. (2013). Artwork by Daniel Martínez.

La estructura de las redes, no obstante, cambia con los años, acorde a las vecerías en la producción de frutos de distintas especies y a las abundancias de los animales. El seguimiento durante 4 años en la misma localidad (Peña Mayor, Asturias) de las interacciones entre distintas especies de zorrales y las principales especies arbóreas (que suponen una de las partes de la red que acumula más actividad), sugiere que la “sub-red” del tejo se hace más o menos compleja en función de los cambios en fructificación de los otros árboles (Figura 6). En concreto, el tejo ganaría diversidad de zorrales dispersores (en riqueza o equitatividad; Figura 6A) en los años “malos” de acebo, que suelen coincidir con años “buenos” de espino albar (Figura 6B). Esto parece ser debido a que el tejo, más estable interanualmente, ofrece proporcionalmente más frutos a la comunidad de frugívoros en toda la localidad. También estaría influida la distribución espacial de la cosecha de frutos, ya que como los espinos se reparten más por las zonas deforestadas, en las zonas más boscosas del paisaje el tejo aparecería como recurso principal para las aves.

EL ENFOQUE COMUNITARIO: DIVERSIDAD DE FRUGÍVOROS Y DISPERSIÓN DE SEMILLAS

En el apartado anterior se sugiere que los frugívoros tienen papeles complementarios como dispersores de semillas, por lo cual es esperable que la diversidad de frugívoros repercuta en distintos aspectos de la función de dispersión. De nuevo, el subconjunto “árboles de fruto carnoso-zorrales” ofrece evidencias claras sobre esta cuestión. Así, la riqueza de especies de zorrales que podemos encontrar en distintos sectores del paisaje fragmentado influye positivamente en la cantidad de semillas de árboles de fruto carnoso que son dispersadas (GARCÍA & MARTÍNEZ, 2012).

El efecto sobre la calidad de la dispersión, evaluada

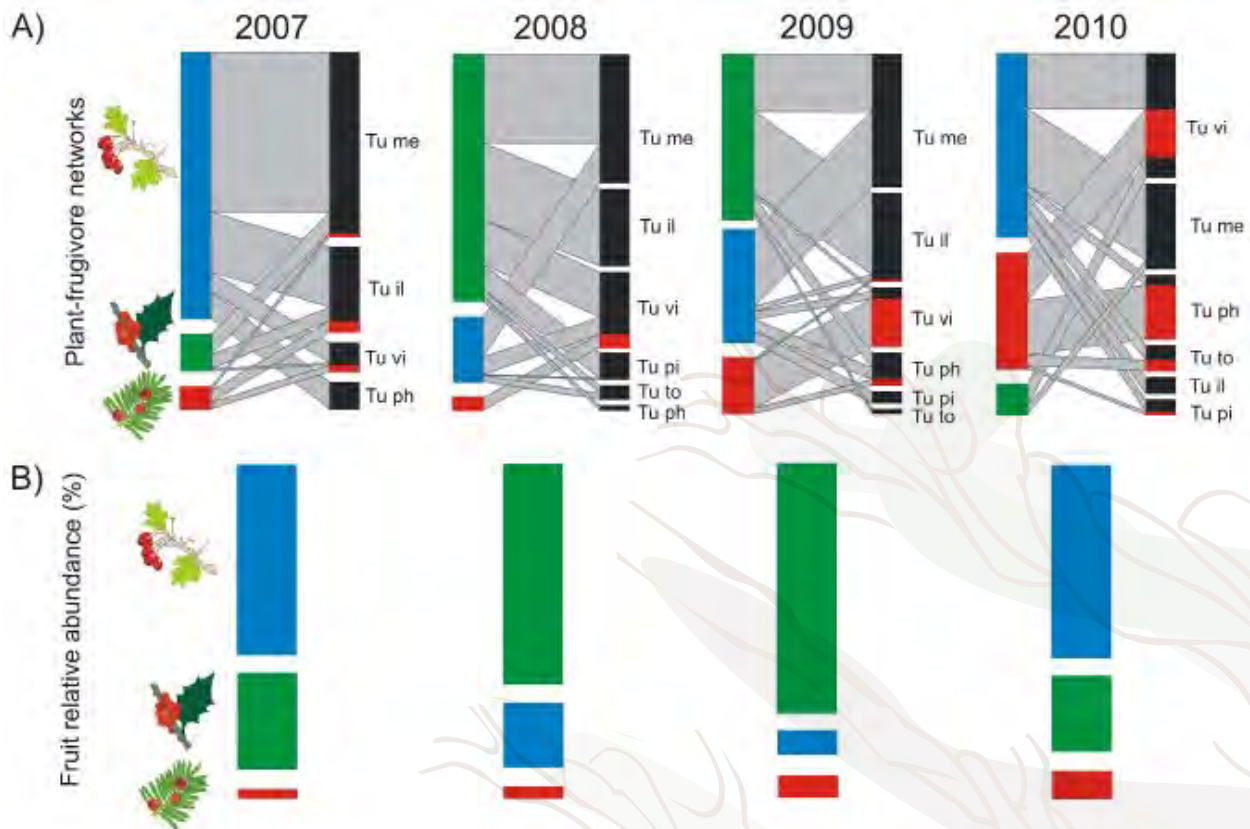


Figura 6. A) Redes de interacción (proporción de frutos consumidos) entre árboles de fruto carnoso (azul: *Crataegus monogyna*; verde: *Ilex aquifolium*; rojo: *Taxus baccata*) y zorzales y mirlos (Tu me: *Turdus merula*; Tu il: *T. iliacus*; Tu pi: *T. pilaris*; Tu ph: *T. philomelos*; Tu to: *T. torquatus*; Tu vi: *T. viscivorus*) en la Sierra de Peña Mayor (Asturias) en distintos años. En rojo se señalan las interacciones atribuibles a *T. baccata*. B) Proporción de frutos producidos por las distintas especies de árboles en la misma localidad en distintos años. A) y B) parcialmente basado en GARCÍA & AL. (2013). Ilustraciones de Daniel Martínez. Networks of interactions (representing the proportion of fruit consumed) between fleshy-fruited trees (blue: *Crataegus monogyna*; green: *Ilex aquifolium*; red: *Taxus baccata*) and thrushes (Tu me: *Turdus merula*; Tu il: *T. iliacus*; Tu pi: *T. pilaris*; Tu ph: *T. philomelos*; Tu to: *T. torquatus*; Tu vi: *T. viscivorus*) in the Sierra de Peña Mayor (Asturias) for different years. Interacciones with *T. baccata* are highlighted in red. B) Proportion of fruits produced by the different tree species per site and year. A) and B) partially based on GARCÍA & AL. (2013). Artwork by Daniel Martínez.

en términos de extensión espacial y dispersión hacia zonas deforestadas, es aún mayor: una mayor riqueza de zorzales y mirlos implica una mayor probabilidad de que un claro de bosque o un prado reciban semillas de árboles. Esto parece debido a la complementariedad espacial entre distintos túrdidos: mientras que especies como el zorzal alirrojo (*Turdus iliacus*) o el zorzal común (*T. philomelos*) concentran su actividad en zonas de alta cobertura, otras como el zorzal charlo (*T. viscivorus*) o el zorzal real (*T. pilaris*) son mucho más proclives a desplazarse hacia zonas abiertas (MORALES & AL., 2013). En consecuencia, la incorporación de más especies hace más repartida la dispersión de semillas.

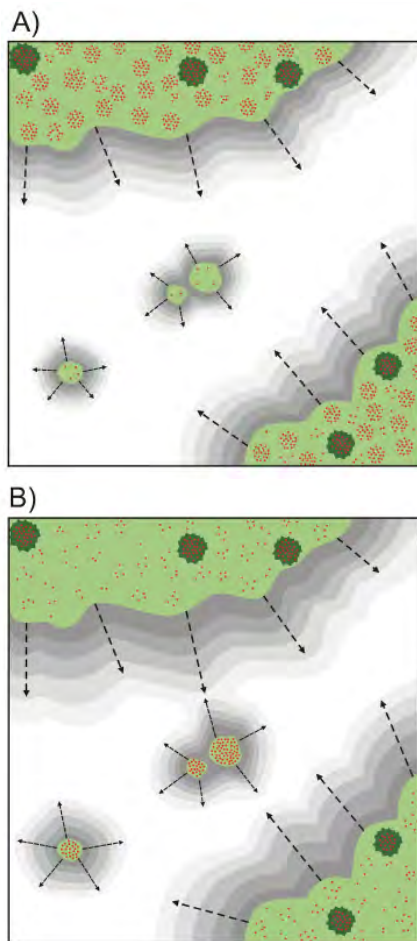
AMPLIANDO LA ESCALA TEMPORAL: IMPORTANCIA DEL PAISAJE DE FRUCTIFICACIÓN

Anteriormente, y en relación a las redes planta-frugívoro, sugerimos la relevancia de las fuertes diferencias interanuales en la fructificación de especies coexistentes con el tejo en el bosque cantábrico (e.g.

vecería del acebo). Teniendo en cuenta que las distintas especies arbóreas no se distribuyen igual en el paisaje fragmentado (acebos y tejos son más frecuentes en parches grandes de bosque mientras que los espinos albares aparecen también en manchas pequeñas o como árboles aislados en los pastizales, Figura 3), dichas diferencias interanuales se traducen en distintos “paisajes de fructificación”. Así, en años de fructificación masiva del acebo, los frutos se concentran en los rodales grandes de bosque, mientras en años malos de acebo -que suelen coincidir con fructificaciones intensas de espinos albares- los frutos se reparte por todo el paisaje (GARCÍA & AL., 2013; MARTÍNEZ & GARCÍA, 2014). Nuestros estudios plurianuales demuestran que las aves son capaces, en cierta medida, de rastrear los distintos paisajes de fructificación: en años con más frutos en la matriz de pastizal, vencen parcialmente el miedo a salir del bosque. Este cambio de comportamiento suaviza el impacto de la cobertura forestal sobre la abundancia de semillas dispersadas, aumenta la proporción de semillas movilizadas fuera del bosque, e incrementa las distancias de dispersión desde el borde forestal hacia

los pastizales (GARCÍA & AL., 2013; MARTÍNEZ & GARCÍA, 2014). Este patrón general también incluye al tejo, cuya dispersión hacia los pastizales queda recluida a una estrecha banda alrededor de la cobertura en años con muchos frutos en el bosque (Figura 7A); una banda que se ensancha, a modo de una “marea viva” los años con abundantes frutos en los árboles aislados pero pocos frutos en el bosque (Figura 7B). El dinamismo en el paisaje de fructificación se convierte, por tanto, en un factor de *resiliencia ecológica* (capacidad para recuperarse tras las perturbaciones), ya que genera una respuesta por parte de los animales dispersores y desemboca en un aumento de las probabilidades de recolonización de las zonas deforestadas por los árboles (GARCÍA & AL., 2013; MARTÍNEZ & GARCÍA, 2014).

Figura 7. A) Representación de la distribución de las semillas



de tejo dispersadas por aves, desde el borde del dosel forestal (verde claro, tejos adultos en verde oscuro) hacia la matriz deforestada (pastizal) en la Cordillera Cantábrica, en un año con muchos frutos (e.g. acebo, en rojo) en los rodales de bosque. Las bandas grises y las flechas representan una densidad de semillas decreciente con la distancia. B) En años con pocos frutos en los rodales de bosque, pero con fructificación intensa en los árboles aislados (e.g. espinos albar), aumentan el área de pastizal que recibe semillas y las distancias de dispersión. A) y B) modificado de MARTÍNEZ & GARCÍA (2014). A) The distribution of yew seeds dispersed by birds, from forest (pale green, yew trees in dark green) edge to pastures in the Cantabrian Range, in a year with many fruits (e.g. holly, in red) within the forest. Grey

bands and arrows represent the seed density decreasing with distance from forest edge. B) In those years with few fruits in the forest but big fruit crops in remnant trees (e.g. hawthorn), both the area of pasture receiving seeds and dispersal distances increase. A) and B) modified from MARTÍNEZ & GARCÍA (2014).

CONCLUSIONES

La ampliación de la escala de estudio de la dispersión del tejo cantábrico a través de espacio, tiempo y complejidad ecológica permite establecer las siguientes conclusiones:

1. Existe un patrón generalizable de frugivorismo y dispersión de semillas en distintas localidades de su área de distribución en las montañas ibéricas. La mayoría de las semillas caen bajo el dosel de los adultos, limitándose la difusión hacia sitios no ocupados por la especie.
2. La limitación a la dispersión condiciona la respuesta de la especie a la pérdida y fragmentación del hábitat, contribuyendo a que la especie quede recluida a sectores de paisaje con mayor cobertura forestal y menor grado de fragmentación.
3. Los procesos de dispersión deben entenderse desde una perspectiva de redes de interacciones planta-frugívoro, donde el tejo aparece vinculado de forma directa e indirecta con multitud de especies del bosque cantábrico. Así, la ecología de otros árboles de fruto carnoso influye en la diversidad de dispersores del tejo.
4. La diversidad de dispersores influye en los procesos de dispersión global de la comunidad forestal: una mayor riqueza proporciona una dispersión más intensa y repartida en el espacio, que permite una mayor expansión del bosque hacia las zonas deforestadas.
5. La expansión del tejo hacia zonas deforestadas, aunque infrecuente y fuertemente constreñida a cortas distancias del bosque, depende del “paisaje de fructificación” creado por acebos y espinos albares y sus vecerías. Los espinos aislados en la matriz deforestada, capaces de fructificar intensamente en años pobres en acebo, atraen a los frugívoros y mejoran dicha expansión.

Esta ampliación de perspectiva requiere, en cualquier caso, una integración con los procesos demográficos post-dispersivos, especialmente, el reclutamiento de plántulas. En este sentido, la dispersión hacia otros árboles y arbustos permite a las plántulas recién emergidas encontrar un ambiente protector frente al ramoneo y el pisoteo de ungulados domésticos y silvestres (GARCÍA & OBESO, 2003). Este efecto facilitador

de árboles como el acebo es tan importante que puede determinar las diferencias en el reclutamiento entre distintas poblaciones cantábricas, y refuerza la asociación entre el tejo y cobertura forestal. No obstante, aunque la dispersión hacia las zonas deforestadas es muy limitada, a largo plazo puede permitir la recolonización gracias al papel nodriza de pequeños arbustos como brezos (*Erica* sp.) y tojo (*Ulex europaeus*; MARTÍNEZ, 2014).

RECOMENDACIONES DE GESTIÓN

La conservación del tejo cantábrico como especie requiere la integración en los planes de gestión de sus interacciones con animales dispersores de semillas (zorzales, silvidos, mamíferos carnívoros), otras especies de árboles productoras de fruto carnoso (acebo, espino albar) y arbustos facilitadores del reclutamiento fuera del bosque (brezos y tojo).

Además de las interacciones ecológicas, la visión comunitaria de la conservación debe reconocer a la diversidad taxonómica (riqueza de especies) y a la diversidad funcional (variedad de roles ecológicos entre las especies dentro de la comunidad) como objetivos de gestión y atributos a mejorar en los ecosistemas degradados.

La gestión forestal debe aplicarse a escala paisajística, evitando la progresiva pérdida y fragmentación de los bosques poblados por tejo.

El paisaje forestal debe, además, considerarse como algo dinámico, en función de la presencia de especies arbóreas de fruto carnoso con ciclos de productividad no sincronizados.

AGRADECIMIENTOS

Los estudios aquí sintetizados se realizaron con financiación de los proyectos CGL2011-24830 (MICINN) y PRI-AIBNZ2011-0863 (MinECo) a DG, una beca FPI-BES2009-25093 (MICINN, Fondo Social Europeo) a DM, y una beca a JEL dentro de un premio EURY y un proyecto ERC-Advanced Grant a Jordi Bascompte. Javier Rodríguez e Isabel Donoso contribuyeron a completar la base de datos para la Figura 5. Los estudios de campo realizados en Asturias fueron autorizados por el Servicio de Vida Silvestre del Gobierno del Principado de Asturias.

BIBLIOGRAFÍA

GARCÍA, D. (2007). Regeneración natural y conservación del tejo (*Taxus baccata* L.) en la cordillera cantábrica: la importancia de las interacciones ecológicas. *El tejo en el Mediterráneo occidental: Jornadas Internacionales sobre el tejo y las tejeras en el Mediterráneo occidental* (pp. 31-39). Conselleria de Territori i Habitatge.

GARCÍA, D. & MARTÍNEZ, D. (2012). Species richness matters for the quality of ecosystem services: a test using seed dispersal by frugivorous birds. *Proceedings of the Royal Society B* 279: 3106-3113.

GARCÍA, D., MARTÍNEZ, D., HERRERA, J.M., & MORALES, J.M. (2013). Functional heterogeneity in a plant-frugivore assemblage enhances seed dispersal resilience to habitat loss. *Ecography* 36: 197-208.

GARCÍA, D. & OBESO, J.R. (2003). Facilitation by herbivore-mediated nurse plants in a threatened tree *Taxus baccata*: local effects and landscape level consistency. *Ecography* 26: 739-750.

GARCÍA, D., QUEVEDO, M., OBESO, J.R., & ABAJO, A. (2005). Fragmentation patterns and protection of montane forest in the Cantabrian range (NW Spain). *Forest Ecology and Management* 208: 29-43.

GARCÍA, D., ZAMORA, R., & AMICO, G.C. (2010). Birds as Suppliers of Seed Dispersal in Temperate Ecosystems: Conservation Guidelines from Real-World Landscapes. *Conservation Biology* 24: 1070-1079.

LAVABRE, J.E. (2008) Seed dispersal in an endangered tree (*Taxus baccata* L.): how variation in frugivore assemblages modulates spatial patterns of the seed shadows. Tesis de D.E.A. Universidad de Sevilla.

LINARES, J. C. (2013). Shifting limiting factors for population dynamics and conservation status of the endangered English yew (*Taxus baccata* L., Taxaceae). *Forest Ecology and Management* 291: 119-127.

MARTÍNEZ, D. (2014). Dispersión de semillas y recolonización forestal en un paisaje fragmentado. Buscando la huella de mirlos y zorzales (*Turdus* spp.) más allá del bosque. Tesis doctoral. Universidad de Oviedo.

MARTÍNEZ, D., & GARCÍA, D. (2014). Changes in the fruiting landscape relax restrictions on endozoochorous tree dispersal into deforested lands. *Applied Vegetation Science*. doi: 10.1111/avsc.12135

MARTINEZ, I., GARCIA, D., & OBESO, J.R. (2008). Differential seed dispersal patterns generated by a common assemblage of vertebrate frugivores in three fleshy-fruited trees. *Ecoscience* 15: 189-199.

MORALES, J.M., GARCÍA, D., MARTÍNEZ, D., RODRIGUEZ-PÉREZ, J., & HERRERA, J.M. (2013). Frugivore behavioural details matter for seed dispersal: a multi-species model for Cantabrian thrushes and trees. *PloS one* 8: e65216.

PEREDO, A., MARTÍNEZ, D., RODRÍGUEZ-PÉREZ, J., & GARCÍA, D. (2013). Mammalian seed dispersal in Cantabrian woodland pastures: Network

structure and response to forest loss. *Basic and Applied Ecology* 14: 378-386.

PÉREZ-DÍAZ, S., LÓPEZ-SÁEZ, J. A., RUIZ-ALONSO, M., ZAPATA, L., & ABEL-SCHAAD, D. (2013). Holocene history of *Taxus baccata* in the Basque Mountains (Northern Iberian Peninsula). *Lazarus* 34: 29-41.

SCHWENDTNER, O. (2010). Supervivència y crisis del tejo (*Taxus baccata* L.) en el área cantábrica. II Jornades sobre el teix a la Mediterrània occidental. *Annals de la delegació de la Garrotxa de la Institució Catalana d'Història Natural* 4: 25-40.

SERRA, L. & GARCÍA, X. (2010). Distribución del tejo en España .II Jornades sobre el teix a la Mediterrània occidental. *Annals de la delegació de la Garrotxa de la Institució Catalana d'Història Natural* 4: 11-34.

THOMAS, P.A. & POLWART, A. (2003). Biological flora of the British Isles. *Taxus baccata* L. *Journal of Ecology* 91: 489-524

Los matriarcados del tejo en la Sierra de Francia

DINÁMICA Y ECOLOGÍA DE LAS NUEVAS POBLACIONES CONOCIDAS EN EL SISTEMA CENTRAL

FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, P., FERNÁNDEZ MORCUENDE, A., GARCÍA GOMARIZ, E., RODRÍGUEZ RIVAS, J., SÁNCHEZ AMADOR, E., VASCO ENCUESTRA, F.

Asociación de Amigos del Tejo y las Tejadas

RESUMEN

Se han estudiado nuevas poblaciones de tejo (*Taxus baccata* L.) en el sector occidental del Sistema Central de la Península Ibérica (Sierra de Francia), en ambiente plenamente mediterráneo, pero con muy diversas variantes (mediterráneo continental, submediterráneo o subatlántico, e incluso en microambientes mediterráneos de tendencia subtropical húmeda), lo que constituye un conjunto muy completo de diferentes tejadas mediterráneas, indicativo de la dinámica de la especie y su evolución histórica en la Península Ibérica.

Se ha realizado un censo de poblaciones de tejo en cinco cuencas fluviales de la Sierra de Francia, pertenecientes a las cuencas hidrográficas del Duero y del Tago, que han dado como resultado la mayor agrupación de tejos conocida hasta el momento en el Sistema Central; unos 2.450 ejemplares han sido contabilizados y constatados con tres tipos de dinámicas poblacionales que se pueden tipificar como tejadas en regresión, tejadas con regeneración natural y tejadas incipientes, colonizadoras de nuevos territorios.

Se caracteriza la ecología de las distintas subpoblaciones, relacionadas con diferentes formaciones vegetales (madroneal, robledal, fresneda, aliseda, abedular...) y su disposición en el territorio condicionada por la geología, topografía, meteorología y la orientación, junto con la influencia de otros factores como las dinámicas erosivas o las asociadas a la herbivoría producida por la fauna cinegética y la acción humana.

Las notables diferencias observadas en cuanto a la regeneración entre dichas comunidades propician un análisis poblacional en el que se intenta explicar las relaciones de conectividad entre los distintos núcleos poblacionales y la posibilidad de definir un conjunto metapoblacional en el que se pretende constatar el papel fundamental que desempeñan las grandes hembras situadas en las cabeceras, reflexión desde la cual hemos llegado al modelo denominado "Los matriarcados del tejo", una expresión con la que hemos querido dar a conocer la relevancia de estos tejos hembra.

PALABRAS CLAVE

Taxus baccata, censo, ecología, conectividad, dinámica de poblaciones.

ABSTRACT

New yew populations (*Taxus baccata* L.) have been studied in the western sector of the "Sistema Central" mountain range of the Iberian Peninsula - known as "Sierra de Francia" - in a fully Mediterranean environment forming a mosaic of climatic variants (continental Mediterranean, submediterranean, subatlantic, and even moist subtropical Mediterranean microclimates). A very complete array of different Mediterranean yew forests that manifests the species dynamics and show their historical evolution in the Iberian Peninsula.

A census of the yew populations has been completed in five watersheds within the Sierra de Francia, belonging to the Duero River and Tagus River Basins, resulting in the largest group of yews known to date in the "Sistema Central". Around 2450 specimens have been recorded and classified against three types of population dynamics that can be then typified as: regressional yew forests, naturally regenerating yew forests, and incipient yew forests that are colonizing new territories.

The ecology of the different subpopulations has been characterized in terms of its relationship to other plant formations (madrone, oak, ash, alder, birch forests, etc.), of how they occupy the territory as conditioned by the geology, topography, meteorology and orientation, and the influence of other factors such as erosion dynamics or herbivore-plant dynamics such as those caused by game species and human actions.

The notable differences observed in regeneration amongst said communities propitiate a population analysis aimed to explain the landscape connectivity relationships between the different population nuclei and the possibility of defining the metapopulation set so it confirms the essential role played by the large female trees located at the headwaters. Given the regeneration and recruiting rates around such trees we have arrived to a model called the "yew matriarchies", an expression we hope carries the relevance of these female yew trees in population dynamics.

KEY WORDS

Taxus baccata, census, ecology, connectivity, population dynamics.

INTRODUCCIÓN

Entre las actividades de la Asociación de Amigos del Tejo y las Tejedas, se incluyen las visitas de campo a distintos puntos de la geografía nacional con el objetivo de constatar la información conocida y, en lo posible, ampliar y mejorar el conocimiento de la presencia, distribución y ecología del tejo en la Península. Parte de esta actividad encuentra su reflejo en la elaboración de trabajos o informes cuyos destinatarios son variados, frecuentemente administraciones regionales o locales, asociaciones no necesariamente ambientalistas o, como es el caso, el ámbito naturalista y la comunidad científica.

La visita inicial a unos tejos cuya presencia constituía un dato poco más que anecdótico para la flora y vegetación de la Sierra de Francia nos ha llevado a la constatación de la notable presencia de la especie, formando distintos núcleos poblacionales que, inmersos en ambientes marcadamente diversos, presentan dinámicas poblacionales no solo diferentes, sino incluso divergentes.

El complejo natural aquí descrito, a pesar del gran número de árboles y del conjunto de tejedas que lo constituye, no representa ningún tipo de recurso turístico que poner en valor, ya que aparece disperso por un amplio y frágil territorio, sin que ninguna pista o sendero permita un acceso fácil a ninguno de sus núcleos. Estéticamente no constituyen bosques espectaculares, sino que su belleza e interés surgen de su conocimiento como conjunto, de su originalidad ecológica y de su dinámica diferencial. Esperamos que esta comunicación sirva para mejorar la gestión del hábitat prioritario y de todo el espacio en el que se encuentra y no como pretexto para que alguna administración, empresas o asociaciones intenten obtener beneficio a costa de su conservación.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo realizado a lo largo de los últimos cuatro años se ha concretado en 22 recorridos en el campo, en los que se han registrado, mediante GPS, tanto los recorridos como la presencia de los individuos detectados, de los que se hace un conteo y asignación a grupos de edad; en el caso de los árboles de mayor tamaño o representatividad se obtienen las medidas de perímetro y se determina el sexo. También se hace un recuento de los árboles muertos y las causas más probables de su deceso.

Las clases de edad utilizadas son:

- Regenerado: plantas de más de un año (leñosas) entre 5 cm y 1,5 m de altura.
- Juveniles (reclutamiento): arbolillos de más de 1,5 m de altura y hasta 50 cm de perímetro.
- Adultos: árboles con perímetros próximos o superiores a los 50 cm y menores de 300 cm.
- Viejos: árboles con perímetros próximos o superiores a los 300 cm.

Se obvia la presencia de plántulas del año y plantas menores de 5 cm, dada la enorme tasa de mortalidad que sufren.

El intervalo clave para definir la dinámica actual de las poblaciones estudiadas es el índice de reclutamiento, entendiendo como reclutas (juveniles) aquellos arbolillos que, habiendo superado el metro y medio de altura y teniendo sus guías principales a salvo de los herbívoros, se les puede suponer una tasa de mortalidad baja, asegurando la renovación de la tejeda a medio/largo plazo. Para calcular este índice, se aplica la siguiente fórmula:

$$I_r = \frac{\text{Nº de Reclutas}}{\text{nº Regenerado} + \text{nº Reclutas} + \text{nº Adultos y Viejos}}$$

El conjunto de datos así obtenidos se han introducido en bases de datos y se han tratado y analizado mediante SIG, lo que ha permitido la obtención de mapas de densidad de la población y otros análisis dinámicos.

Se han elaborado también modelos de nicho ecológico utilizando el software MaxEnt, que ha permitido la definición de las principales características ecológicas en las que se desarrollan las poblaciones estudiadas. Adicionalmente se han analizado estas poblaciones con el software Arc Hydro Tools y Conefor Sensinode para determinar aspectos de dispersión de semillas y conectividad entre manchas e importancia relativa de cara a la preservación del conjunto del hábitat.

Se han llevado a cabo búsquedas bibliográficas que, además de los aspectos botánicos, se han extendido a temas complementarios como geología y geomorfología, antropología, historia, etnografía, etc. Se contactó con agentes medioambientales y se preguntó a naturalistas, cazadores y vecinos de la zona en busca de nuevas localizaciones no referenciadas en la bibliografía.

Localización y características

Situada al sur de la provincia de Salamanca, la Sierra de Francia es una de las últimas estribaciones occidentales del Sistema Central de la Península Ibérica. Por la relativa buena conservación de su naturaleza y por lo impresionante de su paisaje, ya fue citada en el Inventario Nacional de Paisajes Sobresalientes de 1975; está englobada en la Reserva Regional de Caza de Las Batuecas (1970) en el Parque Natural de Las Batuecas-Sierra de Francia (2000), catalogado como LIC y ZEPa perteneciente a la Red Natura 2000 y declarado Reserva de la Biosfera en el año 2006. Dentro de la Sierra de Francia, el valle de Las Batuecas está catalogado como Bien de Interés Cultural y Sitio Histórico.

Sus picos más altos superan los 1.700 m (La Hastiala 1.735 m, Peña de Francia 1.728 m), mientras que el punto

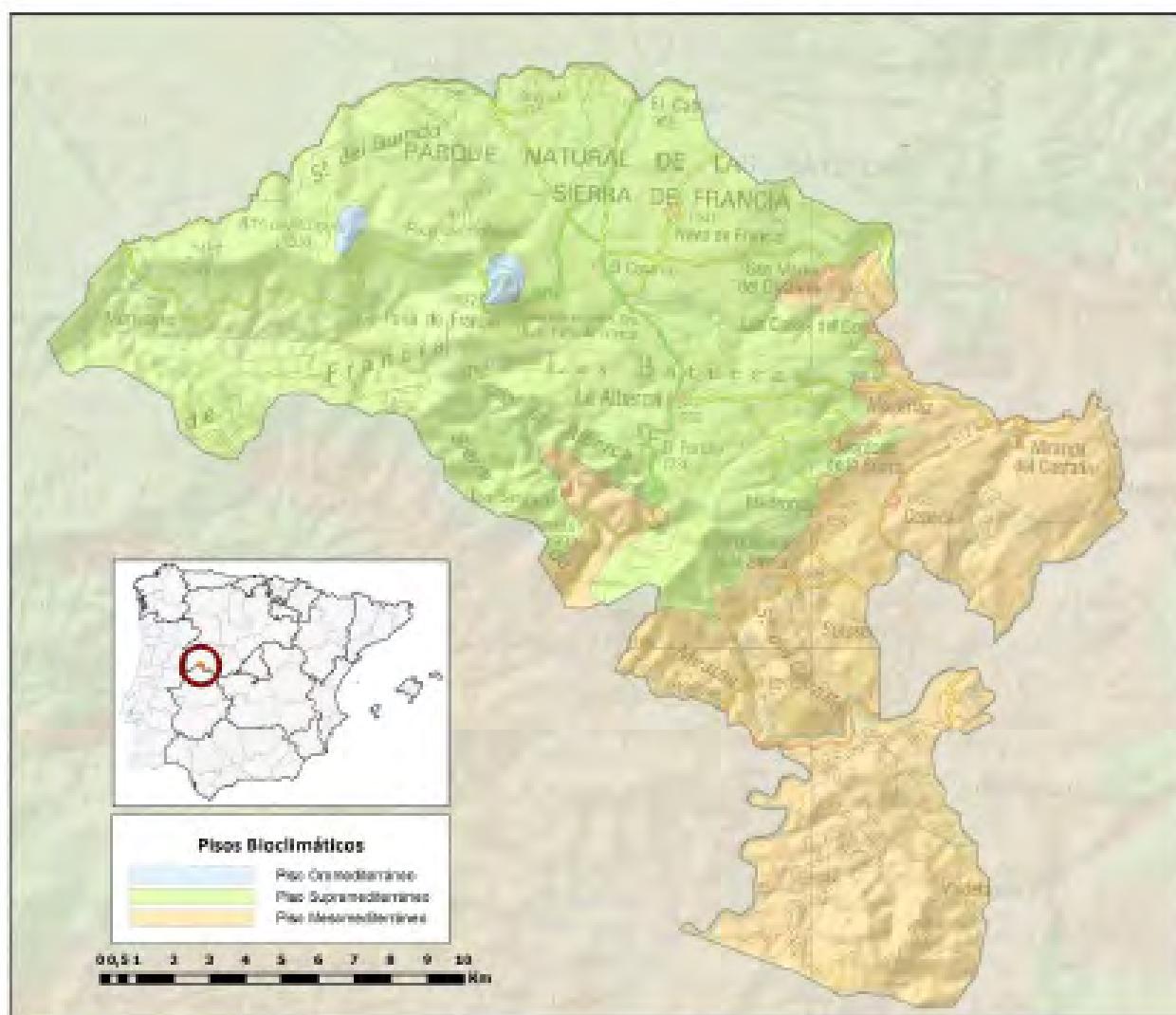


Figura 1. Situación y biogeografía

más bajo se sitúa en la lámina de agua del río Alagón, a su salida del espacio natural (386 m), dando lugar a grandes desniveles y fuertes pendientes, que originan profundos y a veces encajados valles que discurren en distintas orientaciones, en los que la flora de interés se ha mantenido relativamente a salvo de los frecuentes incendios y de las diferentes formas de explotación del territorio, que se han producido a lo largo de la historia.

Geológicamente, los terrenos de la Sierra de Francia son de origen paleozoico: cuarcitas cámbricas en el arroyo de la Ribera del Maíllo, pizarras silurianas y cuarcitas armoricanas en el macizo de la Peña de Francia y el valle de Las Batuecas, o manchas de granito en la Nava de Francia y La Alberca, apareciendo también derrubios graníticos en el fondo de valles y barrancos.

Desde el punto de vista hidrológico, sus aguas vierten a dos cuencas, hacia el Duero por los ríos Morasverdes y Agadón, y hacia el Tago por los ríos Francia, Batuecas y arroyo de Belén, tributarios del río Alagón, principal desagüe de la zona; el enorme desnivel existente entre las fuentes del Batuecas (1.100 m) y del Francia (1.200 m), y la cota de salida del río Alagón (386 m) marca la fisonomía de esta cuenca, de fuertes pendientes y dinámica

predominantemente erosiva que tiende a encajar los cursos fluviales (MARTÍNEZ-GRAÑA *et al.*, 2006).

Biogeográficamente es un área de contacto entre dos pisos de vegetación: el supramediterráneo y el mesomediterráneo, lo que redunda en la gran variedad de tipos de vegetación y especies presentes en la zona. Ceñido a las cumbres más altas, aparece el piso oromediterráneo, aumentando aún más la diversidad florística y ecológica del espacio. Las precipitaciones son abundantes en las zonas altas, de unos 1.700 litros de media, bajando hasta los 490 litros en los lugares más secos de la comarca.

Conocimiento previo

Las referencias bibliográficas relativas a la presencia del tejo en la zona siempre han sido escasas y poco precisas (Secall en 1908 hace referencia a un tejo de más de 3 m de perímetro, Hernández Pacheco publica en 1956 una foto de un gran tejo tomada en 1922, Caballero en 1946, Fernández Díaz en 1974 y Rico Hernández en 1978, citan al tejo en varios lugares: el valle de Las Batuecas –en el entorno del Monasterio, el valle del Morasverdes

y los términos de Herguijuela de la Sierra y Madroñal –esta última no localizada por nosotros–). Tanto en estos trabajos como en tesis doctorales no publicadas, se da testimonio de la presencia de individuos aislados en el fondo de barrancos, sin que se hable de tejedas o al menos de agrupaciones de tejos. La mayoría de estas citas carecen de precisión en su localización, refiriéndose a valles o términos municipales, de modo que solo contamos con cuatro citas bibliográficas de precisión 1 km x 1 km y referencias a 4 municipios, lo que contrasta con las 39 cuadrículas y 2 municipios que, a mayores, se añaden con el presente trabajo (43 cuadrículas y 6 municipios en total).

De igual forma, dentro del marco de la Red Natura 2000, no se cita la presencia del tejo ni se contempla la existencia del hábitat de interés comunitario prioritario 9580* (Bosques mediterráneos de *Taxus baccata* L. en los formularios oficiales del LIC Las Batuecas-Sierra de Francia –ES4150107).

Pero la realidad es que el tejo está muy bien representado en la zona, encontrándose ejemplares

más o menos aislados, algunos de gran talla y carácter relicto, vinculados a sustratos rocosos, crestones y pedrizas cuarcíticas. También bosquetes relativamente importantes, compuestos por árboles de todas las edades, con un magnífico regenerado e importantes tasas de reclutamiento en algunas de las poblaciones, junto a comunidades senescentes y áreas de colonización incipiente.

RESULTADOS

Censo

Se presenta, a continuación, el resultado de las labores de censo realizadas en la Sierra de Francia, separado en las dos cuencas hidrográficas y detallando las distintas poblaciones censadas de las que se ofrece el número total de individuos, el número de juveniles integrantes del reclutamiento y el índice de reclutamiento obtenido. Se cita también la vegetación acompañante para cada una de las poblaciones.

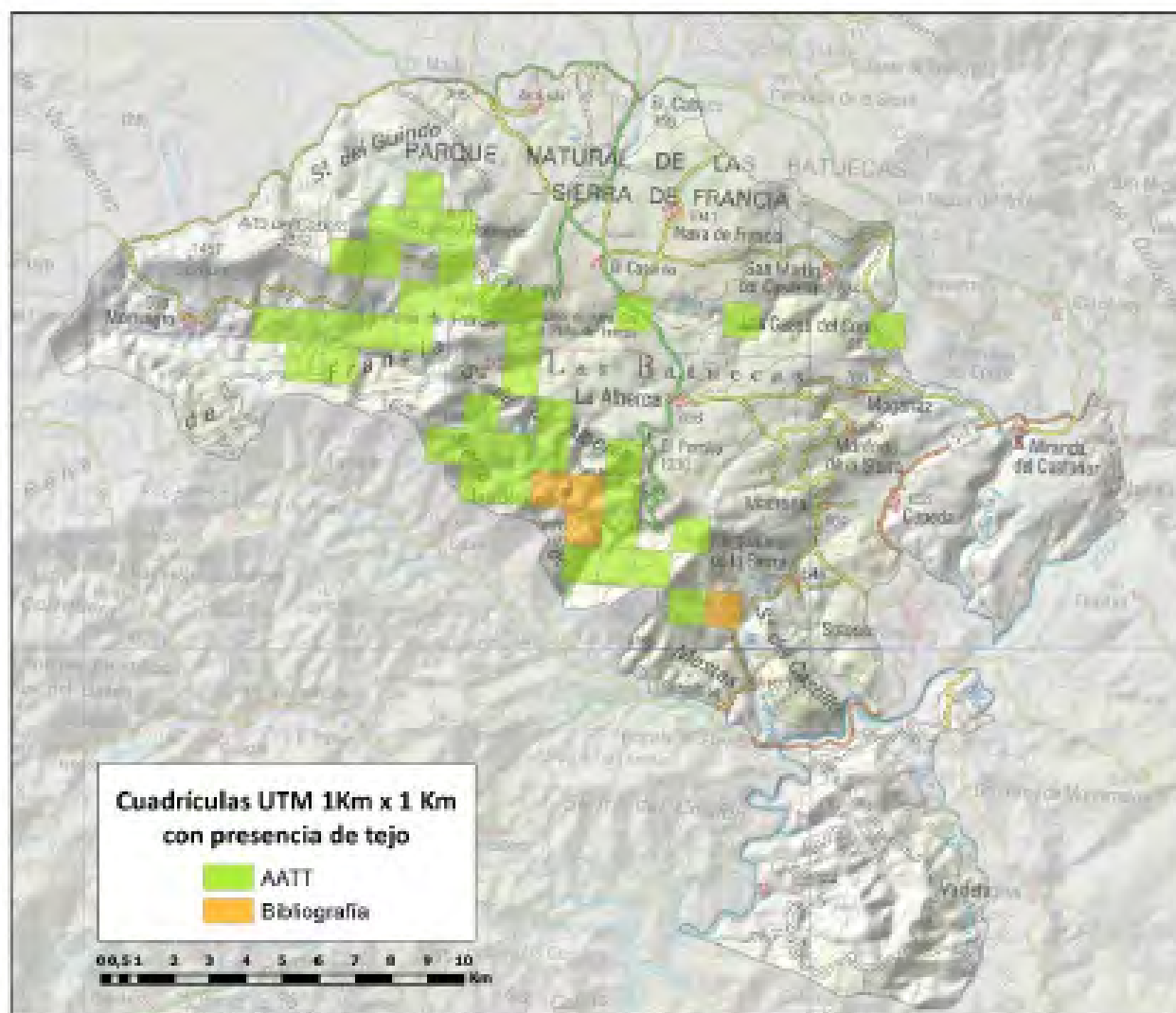


Figura 2. Mapa de citas

Arroyo	Total individuos	Juveniles	Ir	Vegetación asociada
Río Francia	128	7	0,05	<i>Salix atrocinerea</i> , <i>Sorbus aucuparia</i> , <i>Betula alba</i> , <i>Acer monspesulanum</i> , <i>Quercus pyrenaica</i> , <i>Castanea sativa</i>
Río Lera	2	0	0,00	<i>Betula alba</i> , <i>Ilex aquifolium</i> , <i>Castanea sativa</i> , <i>Alnus glutinosa</i>
Arroyo de Belén	26	0	0,00	<i>Salix spp.</i> , <i>Arbutus unedo</i> , <i>Viburnus tinus</i> , <i>Ilex aquifolium</i> , <i>Hedera elix</i> , <i>Populus sp.</i> , <i>Quercus rotundifolia</i> , <i>Juniperus oxicedrus</i>
Río Batuecas	93	2	0,02	<i>Quercus suber</i> , <i>Arbutus unedo</i> , <i>Ilex aquifolium</i> , <i>Hedera elix</i> , <i>Viburnum tinus</i> , <i>Quercus robur</i> , <i>Quercus pyrenaica</i> , <i>Quercus rotundifolia</i> , <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Frangula alnus</i>
Arroyo del Chorro	49	3	0,06	<i>Quercus suber</i> , <i>Arbutus unedo</i> , <i>Ilex aquifolium</i> , <i>Hedera helix</i> , <i>Viburnum tinus</i> , <i>Quercus robur</i> , <i>Quercus pyrenaica</i> , <i>Quercus rotundifolia</i> , <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Frangula alnus</i>
Arroyo Roltejo	43	1	0,02	<i>Ilex aquifolium</i> , <i>Hedera helix</i> , <i>Viburnum tinus</i> , <i>Arbutus unedo</i> , <i>Quercus rotundifolia</i> , <i>Quercus suber</i> , <i>Quercus pyrenaica</i> , <i>Quercus robur</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Acer monspessulanum</i> , <i>Erica arborea</i> , <i>Ruscus aculeatus</i> , <i>Frangula alnus</i> , <i>Phyllirea angustifolia</i> , <i>Juniperus oxycedrus</i> , <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Fraxinus angustifolia</i> , <i>Crataegus monogyna</i> , <i>Rosa sp.</i> , <i>Salix sp.</i>
Arroyo Tejadilla y Arroyo Barrigoduro	2	0	0,00	<i>Quercus rotundifolia</i> , <i>Quercus suber</i> , <i>Ilex aquifolium</i> , <i>Juniperus oxicedrus</i>
Arroyo de los Castaños	13	0	0,00	<i>Castanea sativa</i> , <i>Arbutus unedo</i> , <i>Viburnum tinus</i> , <i>Ilex aquifolium</i> , <i>Quercus rotundifolia</i> , <i>Quercus suber</i> , <i>Alnus glutinosa</i>
Arroyo del Zarzalón	16	0	0,00	<i>Quercus suber</i> , <i>Quercus rotundifolia</i> , <i>Juniperus oxicedrus</i> , <i>Arbutus unedo</i> , <i>Viburnum tinus</i> , <i>Alnus glutinosa</i>
Arroyo de la Paya	14	0	0,00	<i>Quercus suber</i> , <i>Quercus rotundifolia</i> , <i>Juniperus oxicedrus</i> , <i>Quercus suber</i> , <i>Juniperus oxicedrus</i> , <i>Arbutus unedo</i> , <i>Ilex aquifolium</i>
Arroyo de las Cortezas & Arroyo de la Fuente Cimera	96	2	0,02	<i>Arbutus unedo</i> , <i>Viburnum tinus</i> , <i>Quercus suber</i> , <i>Quercus pyrenaica</i> , <i>Fraxinus angustifolia</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Salix atrocinerea</i> ,
TOTAL	482	15	0,02	

Cuenca del río Tajo

Cuenca del Tajo

Tejos cortados con fuste presente en el lugar	34
Tejos caídos por causas naturales	0
Tejos secos	15
Tejos quemados	22
TOTAL	71

Cuenca del río Duero

* Los topónimos utilizados son los reales según indicación de José Manuel García Gómara (cabrero en Monsagro) y no siempre coinciden con los señalados en los mapas topográficos.

Arroyo	Total individuos	Juveniles	Ir	Vegetación asociada
Arroyo de la Ribera del Maíllo, Morasverdes	11	4	0,36	<i>Betula alba</i> , <i>Sorbus latifolia</i> , <i>Sorbus aucuparia</i> , <i>Ilex aquifolium</i> , <i>Quercus pyrenaica</i> , <i>Pinus pinaster</i> , <i>Quercus rotundifolia</i> , <i>Erica tetralix</i> , <i>Frangula alnus</i>
Río Agadón	385	50	0,13	<i>Alnus glutinosa</i> , <i>Salix atrocinerea</i> , <i>Fraxinus angustifolia</i> , <i>Ilex aquifolium</i> , <i>Prunus avium</i> , <i>Betula alba</i> , <i>Frangula alnus</i>
Arrotejea	7	0	0,00	<i>Quercus pyrenaica</i> , <i>Ilex aquifolium</i> , <i>Pistacia terebintus</i>
Arroyo Alameda	34	0	0,00	<i>Betula alba</i> , <i>Quercus Hedera helix</i> , <i>Erica arborea</i> , <i>Ilex aquifolium</i>
Arromingorro	641	146	0,23	<i>Alnus glutinosa</i> , <i>Quercus pyrenaica</i> , <i>Fraxinus angustifolia</i> , <i>Quercus ilex</i> , <i>Ilex aquifolium</i>
Arroyo Raigales	507	233	0,46	<i>Alnus glutinosa</i> , <i>Quercus pyrenaica</i> , <i>Quercus ilex</i> , <i>Frangula alnus</i> , <i>Ilex aquifolium</i>
Arroyo Canalhonda	350	200	0,57	<i>Alnus glutinosa</i> , <i>Quercus pyrenaica</i> , <i>Quercus ilex</i> , <i>Arbutus unedo</i> (1 ejemplar)
Arroyo del Agadón Chico	1	0	0,00	<i>Pinus pinaster</i>
Regato de los Fresnos	18	4	0,22	<i>Alnus glutinosa</i> , <i>Quercus pyrenaica</i> , <i>Quercus ilex</i>
TOTAL	1.954	637	0,22	

Cuenca del Duero

Tejos cortados con fuste presente en el lugar	30
Tejos caídos por causas naturales	6
Tejos secos	0
Tejos quemados	20
TOTAL	56

La importancia del lugar viene dada por las cifras de pies de tejo contados hasta ahora, al menos 482 en la cuenca del Tajo y 1.954 en la cuenca del Duero: alrededor de 2.436 pies (sin contar los existentes en la próxima Sierra de las Quilamas), lo que aumenta significativamente la cifra estimada de 450 pies para toda Salamanca (ORIA DE RUEDA, 2011) y el incremento en 39 nuevas cuadrículas UTM 1 x 1 km, pertenecientes a seis términos municipales (El Cabaco, El Maíllo, Herguijuela de la Sierra, La Alberca, Mogarraz y Monsagro), respecto a las relacionadas en el mapa de *Taxus baccata* L. (SERRA y MARTÍ, 2008).

DISCUSIÓN

Regeneración

La valoración del índice de reclutamiento, y sobre todo su reflejo cartográfico, ofrece una visión muy clara de las distintas dinámicas que la especie presenta en la zona estudiada, pudiendo observarse cómo la regeneración se concentra en los ríos y arroyos vertientes en la cuenca del Duero, siendo el mayor el del arroyo Arroitejea, mientras que este índice es muy reducido o nulo en los arroyos de la cuenca vertiente al Tajo. Se ha comprobado como la gran mayoría de plántulas del año o menores de 5 cm, desaparecen sin llegar a ser regeneradas.

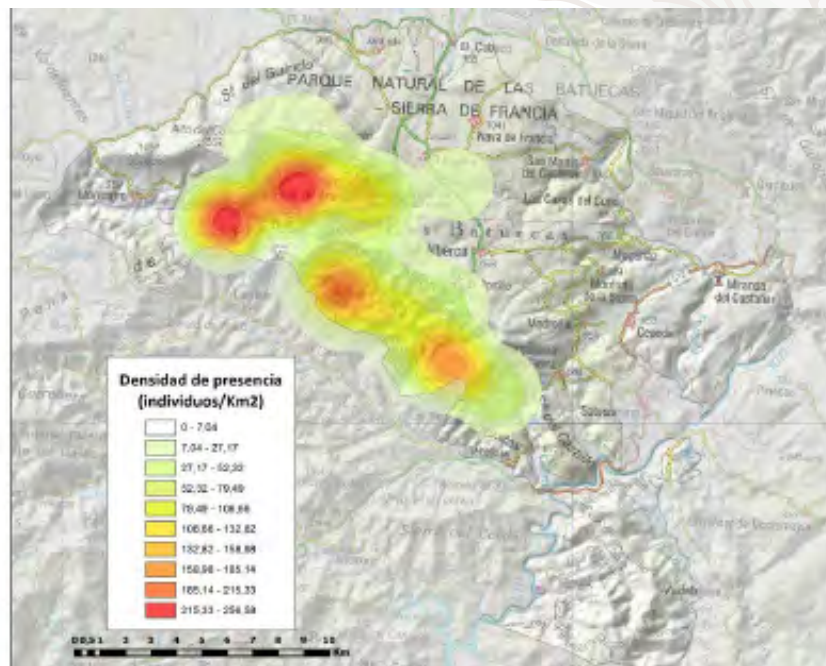


Figura 3. Densidad de presencia de la especie

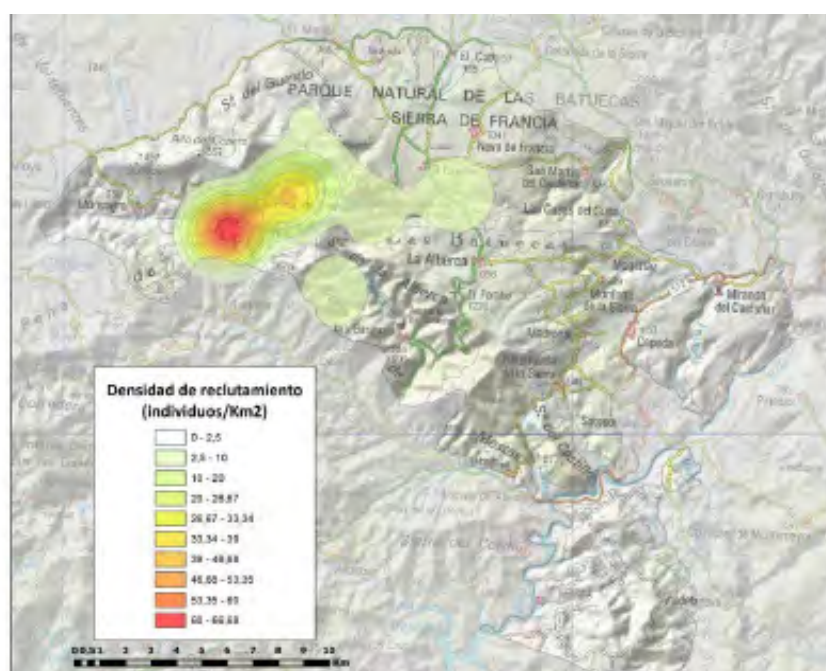


Figura 4. Densidad de reclutamiento

Herbívoros

Aunque en la actualidad la predación por herbívoros domésticos es prácticamente nula al desaparecer las cabras con la llegada de las repoblaciones forestales de los años 60-70, hemos comprobado la predación por parte de la cabra montés sobre el tejo. Reintroducida en el año 1974, el último censo de la especie de 2014 arroja una cifra próxima a los 2.000 ejemplares (datos de la Reserva Regional de Caza), mientras que el Proyecto de Ordenación Cinegética de la Reserva Nacional de Caza señala 700 ejemplares como carga óptima (ORTUÑO & DE LA PEÑA, 1978).

A estas cifras se suman las cabezas de corzo reintroducidas en los años 1971-75. Más difíciles de censar, se estima que en la zona habitan alrededor de un centenar de cabezas (guardería del Parque Natural). El impacto que ambas especies provocan sobre el tejo resulta muy importante, determinando el decaimiento y posible muerte de los ejemplares grandes y afectando gravemente a los brinzales en las zonas en regeneración, siendo bien conocida la querencia de los corzos hacia el tejo.

La ausencia de depredadores de estas especies agrava, si cabe, aún más esta situación (el último lobo visto oficialmente fue muerto en la Portilla Bejarana en el año 1959).

De esta forma, la presión originada por cabras y corzos supone una carga insostenible para todo el territorio, especialmente para la regeneración del tejo, por lo que deberían tomarse medidas inmediatas de control de dichas poblaciones que amenazan a las nuevas generaciones de tejos, aparecidas desde el cese de la actividad ganadera tradicional.

Incendios

Afortunadamente, en los últimos años no se ha dado ningún gran incendio en la zona, aunque no se puede olvidar la desaparición de la población de tejos del río Lera —una de las más añosas de todo el conjunto— de la que se pueden contemplar en la actualidad los grandes troncos de los tejos muertos en aquel lamentable suceso.

Se debe hacer notar que algunas de las técnicas empleadas para la prevención de incendios, como el desbroce, pueden resultar muy dañinas para las zonas en regeneración, debido a que la eliminación del matorral acaba también el efecto nodriza que el matorral ejerce.

Hemos comprobado la muerte de rodales de pequeños tejos por eliminación de la cubierta sombreadora de brezos, o cómo se hizo la limpieza posterior al incendio de la risquera del río Lera, que eliminó la probable regeneración a partir de los dos únicos tejos supervivientes al incendio. Es por ello que antes de emprender desbroces de matorral, se debería comprobar la posible presencia de tejos jóvenes entre el matorral, incluso en la ausencia de individuos adultos.

Ecología del tejo en la Sierra de Francia

No es frecuente, en la Península Ibérica, la existencia de poblaciones de tejo situadas sobre un límite biogeográfico como este, en el que aparecen desde los ambientes mesomediterráneos húmedos con vegetación casi subtropical de madroño, durillo y alcornoque, hasta los supramediterráneos casi atlánticos entre abedulares, pasando por ambientes intermedios con encina, melojo, roble o aliso, y abarcando un gradiente altitudinal que va desde los 530 m del arroyo Batuecas hasta las pedrizas más altas de la Peña de Francia o La Hastiala, donde se alcanzan los 1.580 m de altitud.

La distribución general sigue un eje NW-SE, aparentemente independiente de la orientación de los valles principales, aunque siguiendo la línea de elevaciones principales de la sierra, en relación directa con la circulación transversal de los vientos dominantes que, cargados de humedad, llegan desde el Atlántico siguiendo unas direcciones predominantes SSW-NE/ENE y dejando gran cantidad de precipitaciones y humedad ambiental.

La ecología del tejo en toda la comarca aparece claramente relacionada con arroyos y corrientes de agua, como parece lógico en una especie más propia de ambientes atlánticos que mediterráneos, pero análisis más detallados indican cómo en muchos casos esta es una posición residual o de refugio para la especie.

Dentro de la relación directa con los ambientes riparios, el tejo juega dos papeles principales en este conjunto biogeográfico (acompañante o dominante) que dan lugar a cinco posiciones ecológicas bien diferenciadas y a veces sorprendentes:

Como elemento dominante, dando personalidad a la vegetación:

- Actuando como pieza fundamental en la galería de algunos arroyos, formando tejedas más o menos compactas, en las que participan ejemplares de una variada gama de edades y tamaños, dando origen a un ambiente nemoral único.
- Como individuos más o menos aislados, acompañantes de otras vegetaciones:
- Formando parte de la vegetación riparia de montaña con fuerte influencia atlántica, donde acompaña al abedul en una de sus localizaciones más importantes de todo el Sistema Central.
- En arroyos con gran pendiente sobre lechos rocosos y en ambientes mediterráneos, donde participa en vegetaciones muy variadas, conviviendo con especies arbóreas y arbustivas como encina, alcornoque, enebro, rebollo, roble, cerezo, castaño, fresno, aliso, abedul, almez, ácere, acebo, mostajo, serbal, arraclán, madroño, durillo, labiérnago, majuelo, hiedra, etc., en una gradación que refleja fielmente la transición desde los ambientes

netamente mediterráneos de laurisilva casi subtropical al sur del espacio, hasta los bosques atlánticos.

Bajo matorrales densos, principalmente brezales o escobonales, pero también otros tipos de matorrales, donde a pesar de la práctica ausencia de árboles adultos o de su distancia a ellos, un regenerado más o menos denso queda oculto y protegido por el matorral. Estas cubiertas arbustivas densas ejercen un claro efecto nodriza actuando en dos sentidos, por una parte dificultando la entrada y el desplazamiento de los herbívoros en su interior, pero principalmente reduciendo la radiación solar, la evaporación directa del agua del suelo y la evapotranspiración foliar de los pequeños brinzales, permitiendo una mayor disponibilidad de humedad durante el verano y constituyéndose así en hábitats protectores, a favor de los cuales los pequeños tejos pueden medrar y la especie expandirse, dando lugar a nuevas zonas de colonización de la especie, áreas que podrían considerarse como perdidas por la especie en tiempos anteriores.

Sobre canchales cuarcíticos, donde resulta muy interesante y curiosa la presencia de grandes y viejos ejemplares aislados, tanto en pedrizas desnudas de vegetación superior, como en pedrizas semifijas con vegetación arbustiva y arbolado disperso. Otro aspecto llamativo de estas localizaciones reside en su gama de orientaciones al N y al S (SE y SW), posiblemente a favor de la circulación de los vientos húmedos dominantes. Las grandes pedrizas han sido refugios propicios para la especie frente a los incendios. La dinámica del tejo en estas formaciones geológicas no es aun completamente comprendida, sobre todo en el caso de los viejos ejemplares aislados, por la por lo menos aparente dificultad para el asentamiento de la especie sobre un medio móvil, barajándose posibilidades como la supervivencia ante grandes movimientos de piedras que tienden a enterrarlos, o ante la desaparición local de la matriz de tierra y materia orgánica retenida entre los grandes bloques de roca, debido al encajamiento fluvial. Este último aspecto podría explicar la existencia, en la cuenca del Batuecas, de viejos ejemplares senescentes en la actualidad y con parte de sus grandes raíces al aire, mientras que la primera hipótesis intentaría explicar la presencia de otros árboles notables, aislados en lo alto de las cuencas del Agadón y del Morasverdes, con una vitalidad aceptable y con ramas que parten a ras de la pedrera, pero sin raíces visibles.

Modelos de nicho ecológico

La patente divergencia entre el área ocupada en la actualidad por la especie y el área en la que se da la regeneración, así como la variedad de ambientes y exposiciones que ocupa el tejo en estas sierras, nos ha llevado a recurrir a la realización de modelos de

nicho ecológico con los que intentar definir los factores ambientales más influyentes para la presencia y dinámica de estas poblaciones. Para ello se ha recurrido al análisis conjunto de un importante número de variables ambientales, topográficas, hidrológicas, climáticas y bioclimáticas. No se han podido incluir variables bióticas, dada la dificultad de su obtención en el campo, la escasa precisión de la información consultada (Mapa Forestal de España, 1:50.000; Atlas de las aves nidificantes, UTM10k) o la complejidad de su etiquetado (SIOSE).

Las variables utilizadas han sido las siguientes:

- Topográficas – elevación (ELEV), orientación (OR360_rclss), pendiente (PEND_Rclss) y posición topográfica (POS_TOPO)
- Hidrológicas – índice topográfico de humedad (ITpH), distancia a un curso de agua (Dist_rio), densidad de flujo hídrico (Flow_Dns), acumulación de flujo hídrico (FlowAccsRcls)
- Climáticas y bioclimáticas – pluviometría primaveral (Pluvio_03), pluviometría estival (Pluvio_07-08), temperatura máxima (TMax), temperatura mínima (Tmin), índice de aridez de De Martonne (ARIDEZ), índice de termicidad (Ind_Trmcd), índice ombrotérmico de Emberger (IoEmbgr), radiación solar de invierno (RadInv), radiación solar de verano (RadVer)

Todas ellas se han puesto en relación con la localización de los individuos, así como con el tipo de edad a la que fueron asignados en el momento del inventario, lo que permite la comparación entre las condiciones ambientales más representativas para el conjunto total o para los diferentes grupos de edad.

Los resultados muestran diferencias entre las características de los nichos en los que habita el conjunto de árboles establecidos (adultos y viejos) respecto del conjunto de árboles jóvenes, diferencias que se resumen en un mayor número de variables ambientales con influencia en el nicho juvenil, número que se reduce y extrema en el caso del nicho ocupado por adultos:

El nicho juvenil estaría caracterizado preferentemente por variables fisiográficas y, en menor medida, por las climáticas y bioclimáticas, mientras que para el arbolado establecido pasa a ser claramente significativo el grupo de variables bioclimáticas (índices ombrotérmico, de aridez y de termicidad). La estrecha dependencia del grupo de adultos respecto de las variables bioclimáticas, importante para el grupo juvenil, junto con otras variables dependientes de estas pero no cuantificadas, como la formación o pérdida de suelo, podrían explicar las diferentes tendencias poblacionales observadas en los distintos valles.

Jóvenes		Adultos	
Variable	Percent contribution	Variable	Percent contribution
POS_TOPO	25,5	POS_TOPO	34,1
Dist_rio	21,7	IoEmbgr	29
Ind_Trmcd	15,5	ARIDEZ	13,6
IoEmbgr	12,4	Ind_Trmcd	7,9
TMax	13	Dist_rio	7,7
Pluvio_03	4,8	TMax	1,2
RadInv	4,7	Tmin	1,2
ELEV	0,5	RadInv	1,1
Pluvio_07-08	0,3	ELEV	1
ARIDEZ	0,2	Pluvio_07-08	0,9
Flow_Dns	0,2	RadVer	0,8
ITpH	0,2	Pluvio_03	0,7
OR360_rclss	0,2	ITpH	0,3
PEND_Rclss	0,2	OR360_rclss	0,3
RadVer	0,2	Flow_Dns	0
FlowAccsRcls	0,1	FlowAccsRcls	0
Tmin	0	PEND_Rclss	0

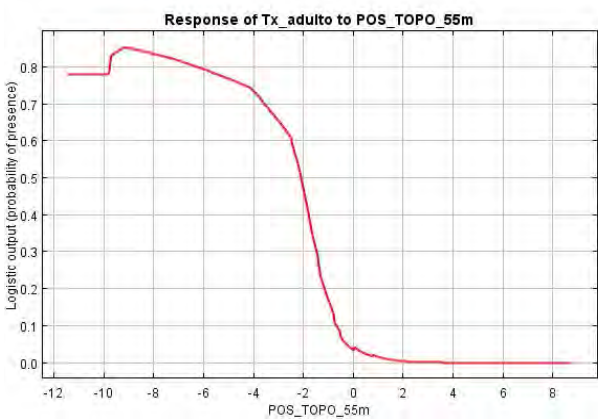


Figura 5

Para ambos conjuntos se mantiene la variable de la posición topográfica como el factor que más caracteriza los respectivos nichos, aunque con una diferencia notable en cuanto a porcentaje de representatividad. La posición topográfica representa, en metros, la diferencia entre la elevación del punto del árbol concreto respecto a la elevación media del terreno circundante en un radio de 50 m. En los gráficos 5 y 6 se puede ver cómo se encuentra el máximo de probabilidad de presencia para los adultos (0,85) en posiciones situadas sobre los 10 o más metros por debajo del nivel medio del terreno (fuertemente encajonados), y con una probabilidad prácticamente nula de aparecer a nivel o por encima de su entorno inmediato.

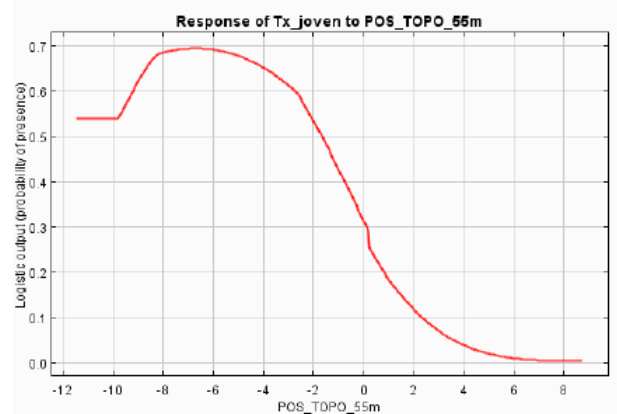


Figura 6

Sin embargo, la mayoría (0,7) de los jóvenes se encuentra entre los 6 y 8 m por debajo del nivel medio del terreno, y algunos (0,25-0,3) se encontrarán a nivel o por encima de su entorno inmediato (0,1); esto señalaría una tendencia a ocupar terrenos más abiertos que los adultos, o confirmaría la idea generalizada de que fuegos, herbivoría o episodios climáticos adversos habrían restringido su distribución a los reductos más protegidos o difícilmente accesibles.

Dado que se puede suponer que la mayor regeneración estará allí donde la lluvia de semillas sea más intensa, es coherente que la mayor proporción de regenerado se encuentre en ambientes encajonados, ya que ahí es donde

se encuentran los individuos reproductores. Sin embargo, la proporción de reclutamiento presente en zonas más abiertas implica, por una parte, expansión (migración) de la especie hacia nuevos territorios y, por otra, un traslado activo de las semillas, bien por el agua (siempre a favor de pendiente y dentro de la misma cuenca) o por animales (en contra de pendiente o en cuencas sin árboles reproductores). De esta forma, la comparación entre los gráficos de las figuras 5 y 6 permite entrever también el reparto de la tasa dispersiva entre procesos de barocoria, hidrocoria y zoocoria.

Dispersión de semillas

La importancia de la gravedad para la dispersión de semillas en zonas de fuerte pendiente, y sobre todo su acción combinada con la del agua, queda documentada, de forma novedosa, en la acumulación de gran cantidad de semillas y acículas de tejo, que arrastradas por la escorrentía de lluvias intensas a través de la pedriza sobre la que se asienta un grupo de tejos grandes, se encontraron en la cuneta de la carretera que corta el drenaje de dicha pedriza. Este hecho también muestra como una obra humana modifica de forma drástica, no solo la dinámica natural de las aguas pluviales, sino también la posibilidad de dispersión del tejo ladera abajo. Similares procesos de arrastre en momentos de crecidas se dan en todos los arroyos y barrancos con presencia de tejo, siendo este el principal agente implicado en la dispersión a media/larga distancia de sus semillas en la zona (NATHAN *et al.*, 2008).

En cuanto a la zoocoria, se comprueba la presencia de semillas de tejo en excrementos y/o vómitos de zorro y pequeños mustélidos, que comen los arilos y dejan sus restos en veredas o sobre piedras, marcando territorios; estos comportamientos están directamente relacionados con la dispersión de la especie aguas arriba de los árboles productores de semillas. Además, es cada vez mejor conocido el relevante papel ejercido por las aves frugívoras trasladando semillas a distancias próximas al km y muchas veces en dispersión dirigida hacia hábitats similares al de origen (CARLO *et al.*, 2013), siendo esta prácticamente la única posibilidad para la comunicación entre poblaciones de diferentes valles.

Conectividad, población y metapoblación

El conjunto de tejos y tejedas aquí descrito aparece salpicado, como parches aislados en el paisaje. ¿Debemos considerar esto como un conjunto de poblaciones aisladas?, ¿como una metapoblación? ¿o como una única población? Es la dinámica reproductiva y de regeneración la que marca la diferencia. Para que exista una metapoblación debe haber migración o intercambio de propágulos entre las poblaciones componentes y la mayor o menor frecuencia de ese intercambio será lo que determine si estamos respectivamente ante una población única o ante una metapoblación (TERRER MORENO, 2007).

La dinámica de extinción-colonización constatada en las poblaciones locales, con parches en regeneración activa y áreas de expansión o nueva colonización (Agadón), áreas estabilizadas con poca regeneración (Morasverdes, Francia), y sin regeneración o incluso senescentes (Batuecas, Belén), podrían asimilarse a un conjunto metapoblacional con poblaciones fuente y poblaciones sumidero.

Consideradas las densidades de regeneración y los flujos de dispersión de semillas anteriormente expuestos, su potencia y alcance, el análisis de conectividad entre poblaciones locales mostraría un estado mixto en el que grupos de poblaciones locales deben considerarse poblaciones únicas por la alta posibilidad de intercambio (Agadón, Morasverdes, Francia, cabecera del Batuecas, bajo Batuecas, Belén), pero, a mayor escala, aparece un comportamiento metapoblacional con una posibilidad racional de intercambio (Agadón-cabecera del Francia-cabecera del Batuecas-cabecera del Morasverdes; cabecera Batuecas-bajo Batuecas), mientras que habría poblaciones locales fuertemente aisladas por la escasez de fuentes semilleras en distancias razonables (Belén).

Matriarcas y matriarcados

En combinación con estos procesos, hemos observado en muchas de las cabeceras de arroyos y barrancos grandes árboles hembra, en ocasiones encaramados en la roca o aislados sobre las pedrizas que los preservan del fuego. Su posición elevada sobre los valles confiere a sus semillas mayor probabilidad de traspasar collados y portillos, alcanzar los valles vecinos y acortar distancias entre poblaciones haciendo el papel de pasarelas (*stepping stones*).

Además de su ubicación en zonas altas y muchas veces aisladas, su mayor tamaño y altura aumenta su exposición a pólenes procedentes de distintas poblaciones, por lo que sería esperable que sus semillas contasen con una diversidad genética algo mayor que las de hembras situadas en ubicaciones más protegidas.

Si finalmente pensamos que estos árboles añosos llevan siglos repartiendo sus semillas aguas abajo, siendo madres y abuelas del grueso de los árboles establecidos por debajo de ellas, favorecedoras de la regeneración tras los incendios, enriquecedoras del acervo genético de las poblaciones locales y mantenedoras de la relación entre poblaciones de valles vecinos, hace que debamos considerar a estos viejos árboles como elementos cruciales para al intercambio genético de todo el conjunto poblacional y de su mantenimiento a largo plazo, condicionantes de la demografía, la genética y la dinámica poblacional del hábitat, componentes fundamentales no ya para la estabilidad de las poblaciones de tejo, sino también para la diversidad, complejidad y permanencia de todo el ecosistema.

El hecho de que estos procesos sigan activos en la actualidad, compartidos en parte con las demás hembras del grupo, dando lugar a funciones ecosistémicas y potentes flujos dispersivos, pero tutelando de alguna manera el proceso general, es por lo que hemos asimilado su papel al de las matriarcas, así como a los grupos poblacionales situados aguas abajo como sus matriarcados.

CONCLUSIONES

Frente a la información bibliográfica y oficial referente a la presencia del tejo en el Parque Natural de Las Batuecas-Sierra de Francia, que la considera puntual y aislada, en el presente trabajo se muestra su amplia presencia que alcanza 43 cuadrículas UTM de 1 km y 6 municipios, llegando a formar bosquetes relativamente importantes. Se han censado un total de 2.436 pies, lo que aumenta notablemente la cifra estimada de 450 pies por toda Salamanca y 4 cuadrículas UTM. Se han constatado diferencias notables en la tasa de regeneración de las distintas poblaciones, mucho más elevadas en los valles del Agadón, donde se ha detectado colonización de nuevos territorios, al revés que en poblaciones más sureñas donde la regeneración está prácticamente ausente y con algunas poblaciones en decadencia.

El análisis de nicho ecológico pone de manifiesto que la especie ocupa reductos marginales, a pesar de lo que aparece en distintas posiciones ecológicas y ambientes bioclimáticos, acompañando a todo tipo de vegetación presente en la zona. Las nuevas colonizaciones tienden a recuperar territorios perdidos por factores como la herbivoría, que supone la sobrecarga derivada del exceso de cabra montés y corzo, una situación que exige medidas inmediatas, o el fuego, que ha hecho desaparecer en los últimos años una de las tejedas más añosas del espacio, siendo, a veces, los desbroces preventivos causa de la eliminación inadvertida del regenerado oculto entre el matorral.

Se ha atendido a la dinámica de dispersión de semillas como factor fundamental en la conexión, conservación y expansión de estas poblaciones, comprobándose cómo la hidrocoria es el medio más habitual e importante en la dispersión dentro de la cuenca hidrográfica, pero cómo la dispersión entre cuencas depende de la zoocoria.

Se señala finalmente la trascendencia que tiene la presencia de los grandes árboles hembra situados en las cabeceras de arroyos y barrancos, de cara al mantenimiento de conectividad e intercambio genético entre poblaciones de distintas cuencas, así como para el mantenimiento en el tiempo de las poblaciones locales y de todo el conjunto poblacional.

BIBLIOGRAFÍA

A. MARTÍNEZ-GRAÑA, A., GOY, J. M., MATEOS, J., ZAZO, C., SANZ, J., FORTEZA, J. (2006). *Evaluación mediante SIG de la agresividad pluvial en los espacios naturales del sur de Salamanca: Rebollar Batuecas-S. Francia y Candelario-Gredos*. Edafología, Vol. 13. (1), p. 21-31.

ABEL SCHAAD, D., HERNÁNDEZ CARRETERO, A. M., LÓPEZ SÁEZ, J. A., PULIDO DÍAZ, F. J., LÓPEZ MERINO, L., MARTÍNEZ CORTIZAS D., A. (2009). Evolución de la vegetación en la Sierra de Gata (Cáceres-Salamanca, España) durante el Holoceno reciente. Implicaciones biogeográficas. *Revista española de Micropaleontología*, 41 (1-2), p. 91-105, IGME.

CARLO, T. A., GARCÍA, D., MARTÍNEZ, D., GLEDITSCH, J. M. & MORALES, J. M. (2013). *Where do seeds go when they go far? Distance and directionality of avian seed dispersal in heterogeneous landscapes*. Ecology, 94(2), 301-307. Ecological Society of America.

FERNÁNDEZ DÍEZ, F. J. (1976). *Flora vascular de la sierra de Tamames y Peña de Francia (Salamanca)*. Trab. Dept. Bot. Salamanca, I: 3-27.

HERNÁNDEZ-PACHECO, E. (1956). *Fisiografía del Solar Hispano*. Memoria de la Real Academia de Ciencias de Madrid, Tomo XVI, Madrid.

MORALES ABAD, M. J. (1992). En: FERNÁNDEZ CASAS, J. & GAMARRA (Ed.). *Asientos para un Atlas Corológico de la Flora Occidental*, 19. Fontqueria, 33: 196-200, mapa 489.

NATHAN, R., SCHURR, F. M., SPIEGEL, O., STEINITZ, O., TRAKHTENBROT, A. & TSOAR, A. (2008). *Mechanisms of long-distance seed dispersal*. Trends in Ecology and Evolution, Vol. 23, 11, p. 638-647.

NINYEROLA, M., PONS, X., ROURE, J. M. (2005). *Atlas Climático Digital de la Península Ibérica. Metodología y aplicaciones en bioclimatología y geobotánica*. Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra.

ORIA DE RUEDA, J. A., DÍEZ, J. (2003). *Los Bosques de Castilla y León*. Ámbito Ediciones.

ORTUÑO, F. & DE LA PEÑA, J. (1978). *Reservas Nacionales de Caza. T. 3. Región Central*. Incafo, Madrid.

RICO HERNÁNDEZ, E. (1978). *Estudio de la flora y vegetación de la comarca de Ciudad Rodrigo*. Tesis doctoral, Universidad de Salamanca.

RIVERO MARTÍN, J. M. & DEL MAZO VIVAR, A. (1993). *Paseo por Las Batuecas*. Amaru ediciones, Salamanca.

SECALL, J. (1908). Los cedros de Las Batuecas. *Revista de Montes*, nº 757, p. 575-580, Madrid.

SERRA LALIGA, L. & GARCÍA MARTÍ, X. (2008). *Distribución del tejo en España*. II Jornadas sobre el Tejo en el Mediterráneo Occidental, Olot (Girona).

TERRER MORENO, C. (2007). *Metapoblaciones y conservación*. Biología en Internet.

The history of *Taxus baccata* L. in the Wierzchlas (N Poland) on the basis of palynological research

AGNIESZKA M. NORYSKIEWICZ*

Institute of Archaeology, Nicolaus Copernicus University, Szosa Bydgoska 44/48, 87–100 TORUŃ, POLAND

*agnieszka.noryskiewicz@umk.pl

ABSTRACT

Wierzchlas is a forest reserve which makes the biggest natural stand of the *Taxus baccata* in Poland. The pollen analysis of biogenic sediments from Mukrz Lake registers the history of the plant cover of area surrounding Mukrz Lake starting from Vistulian Late Glacial period through the Holocene until the contemporary times and proves that *Taxus baccata* may be native from the beginning of the Subboreal to the present time. Because of the small representation of *Taxus* in the fossil samples, additional research was made. The fossil spectra were supplemented with the results of surface samples taken from the bottom of the lake and from the forest as well as the annual pollen deposition. The presence of yew pollen grains in surface materials from the reserve in Wierzchlas depends, thus, on both the distance between the sample taken and a male yew individual as well as the stand density. The comparison of the surface spectra from different habitats of this reserve (lake, forest floor and peatbog) and material from Tauber's traps reflected big discrepancy in the participation of the yew. On the one hand, these differences are related to the habitat from which the material originated, but on the other hand they are connected with the distance between the place from which the material was taken and the location of a male yew tree.

KEY WORDS

History of *Taxus baccata* L., pollen analysis, surface samples, modern annual pollen deposition, northern Poland.

INTRODUCTION

The study area is located in northern Poland, app. 40 km to the west of the Vistula River (Figure 1). The choice of the location to conduct palynological research was not coincidental. The eastern limit of natural occurrence of a yew runs across the Poland (ZAJĄC & ZAJĄC, 2001). Wierzchlas is a forest reserve which makes the biggest

natural stand of common yew (*Taxus baccata*) in Poland. The reserve lies in the south Pomeranian Lake District in the south-eastern area of a well-stocked forest complex of Tuchola Forest. It is the oldest and at the same time one of the most valuable protected forest areas in Poland. Nearly all types of trees and shrubs growing wild in the Polish Lowland appear in this area (BOINSKI, 1997). The reserve, which is the remains of a former Tuchola Primeval Forest, currently is a multispecies forest with the yew making the lower layer.

The first aim of a palynological research that was carried out in the reserve was to provide an explanation to the Holocene history of a yew in the context of a development of postglacial vegetation within this area. The research originally focused on the analysis of biogenic sediments from Mukrz Lake. However, in the order to explain a small representation of pollen grains of *Taxus*. The analyses were supplemented with the results of the surface sample of the bottom of the lake and of the surface samples taken from various habitats of the forest litter in the reserve and of the annual pollen deposition.

MATERIAL AND METHODS

The pollen analysis of two profiles of biogenic sediments from Mukrz Lake (M_I , M_{II}) and two ones from peatbogs (W/OI, W/Ot) were taken (NORYSKIEWICZ, 2006) for analysis using the Livingstone probe modified by WIECKOWSKI (1970). All fossil cores were taken not so far from the big stands of the yew (Figure 1) – now there are about 3 thousands yew-trees on the 18 hectares. From the south the lake borders phytocoenosis where the yew occurs.

The samples from the bottom of Mukrz Lake were collected using a Kajak's tubular catcher. The material was obtained in the transect of three sites (A-B-C). The location of sites B and C corresponds with the location of profiles from the lake (Figure 1).



Figure 1. Wierchlas; Location of the investigation area against the background of forests near Mukrz Lake: 1 – location of the profiles MI, MII, W/OI, W/Ot and A, B, C; 2 – location of the pollen traps W1, W2, W3, W4; 3 – border of the reserve; 4 – border of the buffer zone, forest with yew (acc. Pająkowski).

In order to explain the small representation of *Taxus* in the fossil samples, a pollen analysis of 3 different modern pollen deposition was made.

TWELVE SAMPLES OF FOREST LITTER FROM VARIOUS HABITATS FROM THE RESERVE

Eight samples were taken from the subcontinental dry-ground forest (*Tilio-Carpinetum*), two from ash-alder riverside carr (*Circaeo-Alnetum*), one from currant alder carr (*Ribo nigri-Alnetum*) and the last one from the peatbog with fibrous tussock sedge (*Caricetum appropinquatae*) (Figure 2).

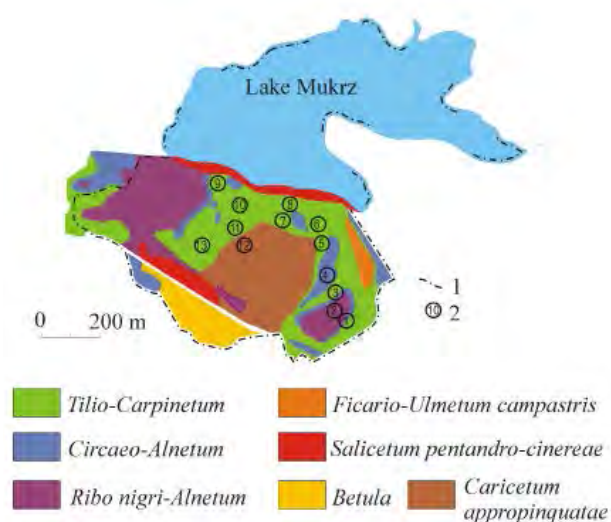


Figure 2. Wierchlas; Plant associations of the Wierchlas reserve (acc. Boinski 1997); 1 –border of the reserve; 2 – location of the surface samples.

EIGHTEEN SAMPLES FROM THE VICINITY OF THE ISOLATED YEW

THE SAMPLES FOR POLLEN ANALYSES WERE TAKEN IN THE TRANSECT FROM UNDER ONE MALE YEW (FIGURE 3), RELATIVELY ISOLATED FROM OTHER MALE TREES OF THIS SPECIES.

SAMPLES FROM TAUBER TRAPS

Since 1997 (16 seasons) the examination of an annual pollen rain has been conducted in accordance with Pollen Monitoring Programme recommendations (HICKS & AL., 1996, www.pollentrapping.net). Four pollen traps are placed in short transect in different types of vegetation (Figure 1): W1 and W4 in the open area; W2 in the close-canopy mixed forest with a yew; W3 on the edge of the mixed humid (damp) forest near the lake. The pollen trap

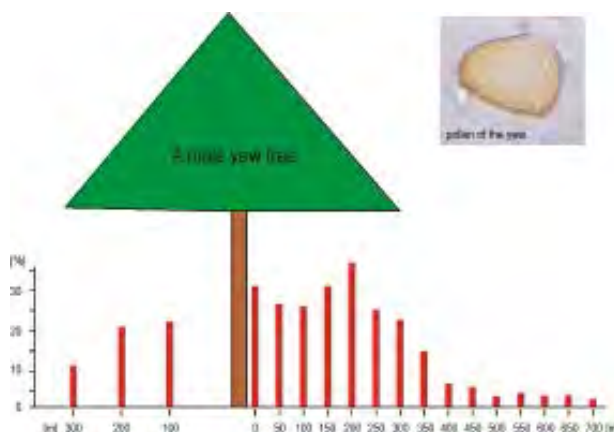


Figure 3. Wierchlas; Location of the samples in the transect from under one male yew in the forest. and percentage participation of pollen *Taxus baccata* (site 13 in Figure 2)

W1 was placed approx. 0,7 km away from the reserve, beyond the reach of tree crowns in the vicinity of the farmlands and homestead garden. Three traps were placed on the premises of the reserve, representing a forested area, the forest edge and an open area. Trap W2 was situated in the yew forest under densely packed forest canopy W3 at the forest edge, under forest canopy, 4 meters south of the shore of the lake and W4, on the peat bog in the central part of the reserve (Figure 1).

The samples for pollen analysis were processed following the guidelines proposed by Berglund and RALSKA-JASIEWICZOWA (1986). All pollen percentages were calculated on the basis of sum including trees and shrubs (AP) as well as dwarf shrubs and herb pollen (NAP), but excluding limnophytes, telmatophytes and sporophytes. Before any laboratory treatment tablets containing *Lycopodium* spores were added to enable the calculation of pollen concentration and influx (STOCKMARR, 1971). The pollen trap collections were centrifuged and then prepared in a comparable way to the fossil and surface samples (HICKS & AL., 1996).

RESULTS AND DISCUSSION

POLLEN ANALYSIS OF FOSSIL SAMPLES

Pollen analysis of biogenic sediments register the vegetation history of the Mukrz Lake surrounding starting from late Vistulian glacial period through the Holocene until the contemporary times (NORYŚKIEWICZ, 2006). The successful location of the lake cores under research (central and shore area of the water body) made it possible to analyse both the history of regional and local vegetation as well as to follow the history of Mukrz Lake origin (TOBOLSKI, 2002).

The oldest fragment (Figure 4) covers the transition of the oldest Dryas and Bölling and characterises the assemblage of shrub tundra mainly with *Hippophaë rhamnoides* and *Salix* (1 L PAZ). In the shore profile (M_{II}) this zone represents the layer of peat, which reflects the melting character of this water body (NORYŚKIEWICZ, 2006). Next zone (2 L PAZ) corresponds to the Alleröd-Bölling complex. The youngest part of the late glacial period covers the cooling of the Younger Dryas, that is strongly marked, which resulted in the recession of the

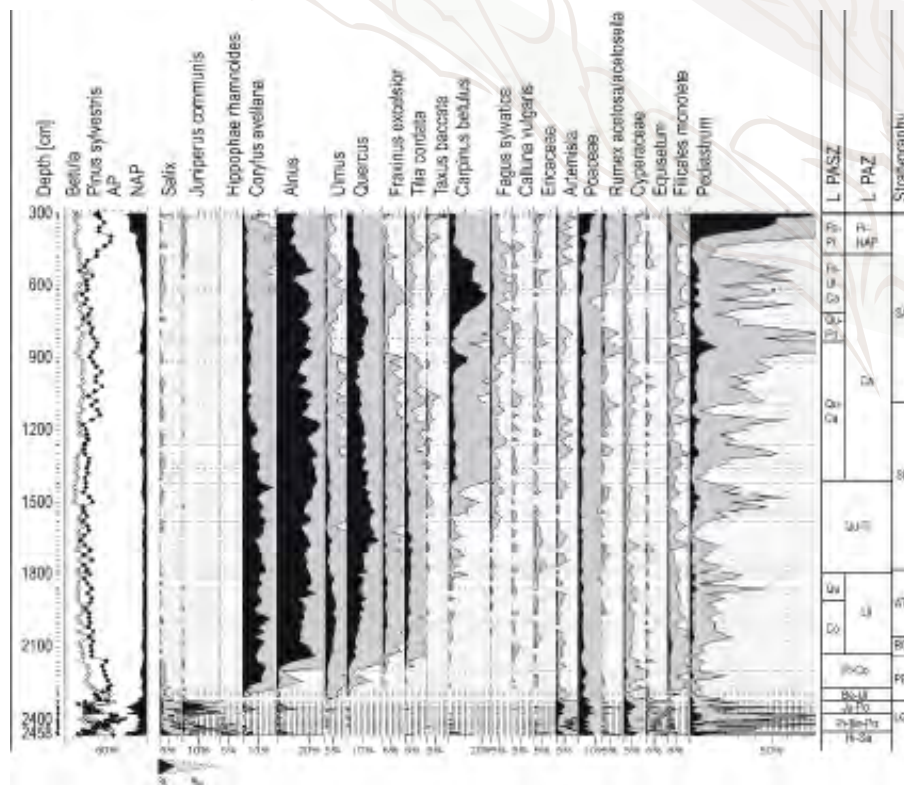


Figure 4. Wierzchlas; Location of the investigation area against the background of forests near Mukrz Lake: 1 – location of the profiles M_I, M_{II}, W/O_I, W/O_t and A, B, C; 2 – location of the pollen traps W1, W2, W3, W4; 3 – border of the reserve; 4 – border of the buffer zone, forest with yew (acc. Pająkowski).

pine forest and the renewed widespread of the park tundra, mainly in the form of *Juniperus* scrubs (3 L PAZ). At the beginning of the Holocene in the region of Mukrz Lake, birch-pine forests spread. With the improvement of climatic conditions, high-growing, multispecies forest became dense. In the climatic optimum we can observe a considerable transformation of a vegetation cover. A noticeable increase in the participation of deciduous trees such as elm (*Ulmus*), oak (*Quercus*), ash (*Fraxinus*) and linden (*Tilia*) takes place. Latest of all, i.e. in the Subboreal period, there appear trees such as the hornbeam (*Carpinus betulus*), the beech (*Fagus sylvatica*) and the yew. Single sporomorphs of *Taxus* appear simultaneously with the first *Carpinus* and *Fagus* pollen grains.

A continuous curve of the yew starts with the beginning of the growth of the last hornbeam maximum, which falls on the forest regeneration phase relating to the Migration Period.

The maximal participation of the yew was 1.6% in the main profile (figs 4), and 3.1% in the Mukrz II profile and 0.5 % in the peatbog profile (taken from reserve) (NORYŚKIEWICZ, 2006). These bigger then in other samples values should be linked with the historic times reflecting a documented selected protection of the yew and its artificial planting in Wierzchlas.

All fossil cores were taken not so far from the big stands of yew (now there are about 3 thousands yew-

trees on the 18 ha; PAJAKOWSKI, 2006). But a pollen of *Taxus baccata* was represented in very small numbers in this fossil samples (only in two pollen spectra exceeding 1%).

In order to examine the participation of a yew pollen in the bottom part of Mukrz Lake samples for pollen analysis were taken from upper, 25 cm semi-liquid, part of the Mukrz Lake. The pollen spectra from these sites (A, B, C) also showed low percentage of the yew, i.e. 1.5%, 2.1% and 1.8% respectively (Figure 5 and 8).

The surface samples

The comparison of the surface spectra from different habitats of this reflected big discrepancy in the participation of the yew (Figure 6). The biggest percentage of the yew is noted in the samples originating from the *Tilio-Carpinetum* assemblage (samples 3, 5 but as well 6, 7, 8, 9, 10 and 11). The lowest percentage is noted in alder forests (samples 1, 2 and 4) and on peatbog (sample 12). The lowest results correspond to the absence of the yew in these plant assemblages. The differences in the yew percentage, which appear within the *Tilio-Carpinetum* assemblage, are the reflection of a different distance from the male yew. Considerable amount of a pollen of *Taxus* was recorded only in surface samples taken exactly from the area around the male yew (samples number 3 and 5).

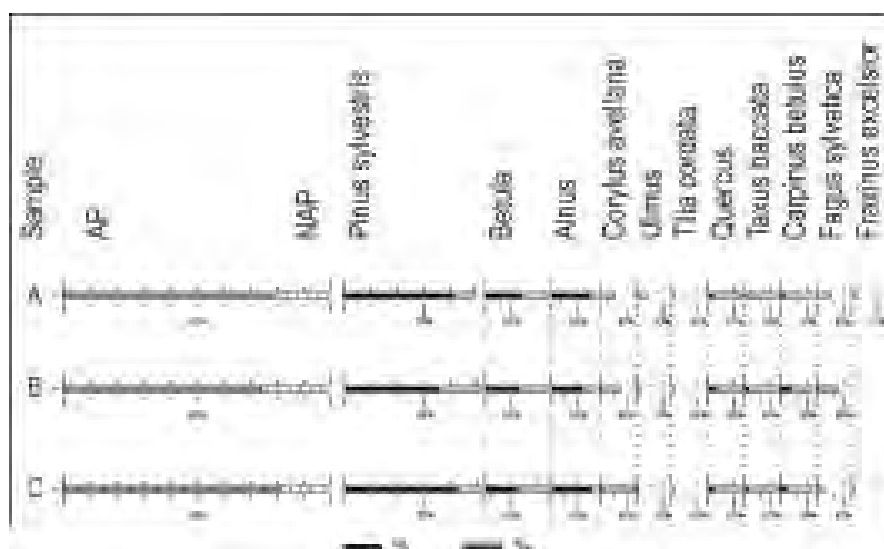


Figure 5. Wierzchlas; Mukrz Lake, profile M1, percentage pollen diagram of selected taxa; AP – Arboreal Pollen (trees and shrubs), NAP – Non Arboreal Pollen (draftshrubs and herbs), Be – Betula, Ca – Carpinus, Co – Corylus, Fr – Fraxinus, Hi – Hippophaë, Ju – Juniperus, Pi – Pinus, Po – Poaceae, Qu – Quercus, Sa – Salix, Ti – Tilia, Ul – Ulmus, SA – Subatlantic, SB – Subboreal, AT – Atlantic, BO – Boreal, PB – Preboreal, LG – Late Glacial.

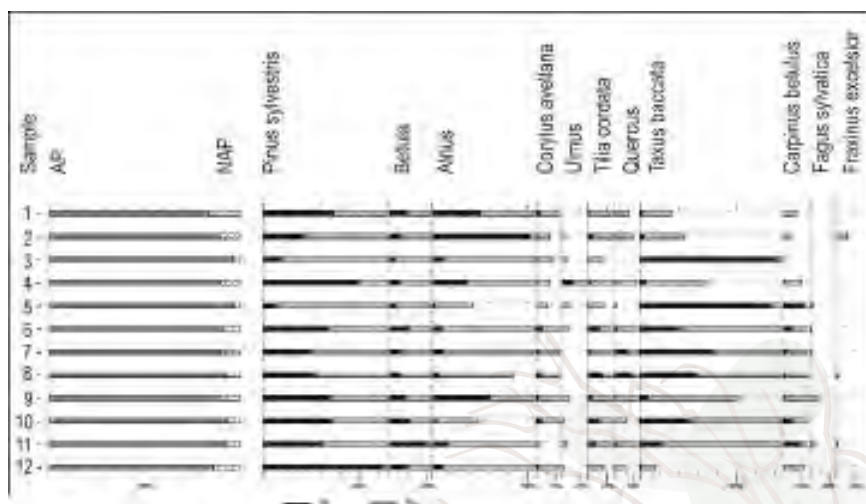


Figure 6. Wierchlas; Mukrz Lake, profiles A, B, C, percentage pollen diagrams for the upper, semi-liquid part of the lake sediments. Explanation of letters like in Figure 1.

This conclusion is confirmed by the research carried out in Wierchlas on the dispersion of yew pollen grains. The samples were taken in the section from under one individual male yew (site 13, Figure 2), relatively isolated from other male trees of this species (sample 13 in Figure 2). The big participation of yew pollen grains appears in the spectra that represent samples taken directly from under the tree-crown 24.1–35% (3-meter range) and decreases gradually with the increased distance 5,7–1,9% (Figure 3 and 7).

A considerable density of the trees also limits pollen grains spreading outside the forest boundaries. The phytosociological survey of the surface of 200 m² documents that around the tree under research there only grow yew, elm, linden, hornbeam and maple. It turns out that pollen grains of the remaining trees come from long distant transport.

The pine pollen originates from further transportation and does not react against the local presence of the pollen yew (Figure 7). The birch, which does not appear in the

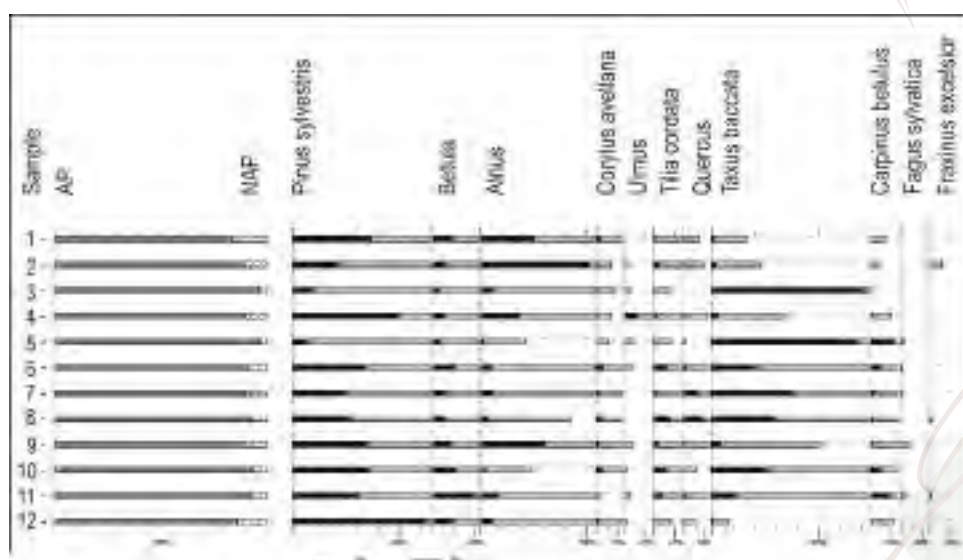


Figure 7. Wierchlas; Surface samples taken from the litter, percentage pollen diagram selected major taxa. Location of the samples like in Figure 2 Figure 4. Wierchlas; Mukrz Lake, profile M1, percentage pollen diagram of selected taxa; AP – Arboreal Pollen (trees and shrubs), NAP – Non Arboreal Pollen (draftshrubs and herbs), Be – Betula, Ca – Carpinus, Co – Corylus, Fr – Fraxinus, Hi – Hippophaë, Ju – Jniperus, Pi – Pinus, Po – Poaceae, Qu – Quercus, Sa – Salix, Ti – Tilia, Ul – Ulmus, SA – Subatlantic, SB – Subboreal, AT – Atlantic, BO – Boreal, PB – Preboreal, LG – Late Glacial.

survey surface, but its numerous individuals grow in the distance of app. 100 m in the peatbog and forest edge and its considerable concentration is located about 200 m away, reacts markedly to the yew presence fluctuations. The percentage participation of the birch and the yew pollen shows a reverse relation (the increase of one causes a decrease of the other one; Figure 7).

Modern annual pollen deposition

In the pollen trap W1 located in the open area barely a kilometre from a big concentration of the yew, and about 150 meters from a single male yew shows a very low representation which is comparable with the samples from the lake. Considering that the free standing yew blossomed plentifully in all seasons, the influx values seem disproportionately low. Only in one year (2000) was distinctly higher than 2300 grains per 1 cm³ and percentage participation was 5,5%.

This year was good not only for *Taxus*. Similar changes were noted for *Carpinus*, *Picea*, *Quercus* and *Acer* (NORYŚKIEWICZ, 2012).

In vegetation the closest trees grow within 15 meters. There is a group of trees (*Populus*, *Salix*, *Quercus*, *Betula*) 50 meters north of the trap. From the north-west and east a field and a flower garden adjoins to this station.

So there are same exotic taxa as well as big diversity and changeability in herbs taxa in this trap. Herbal vegetation is systematically cut. It could have an impact on the considerable fluctuations observed in the presence of these plants in pollen spectra during years.

Trap W2 is situated in the multispecies forest with the yew making the lower layer, under densely packed forest canopy. Because of lack of the light, herbal vegetation is rather modestly represented. Such a dense forest canopy is reflected in the pollen spectra. The percentage values, as well as the influx values clearly show the domination of tree pollen. In vegetation among the tree species, most commonly represented are *Taxus*, *Carpinus*, *Tilia* but there are also *Alnus* and *Pinus*. The percentage values as well as the influx values show the domination of *Taxus*, *Carpinus* and *Pinus*. *Taxus* and *Carpinus* are local taxa but third – pine is rather from a long distance. Again, the 2000 season was the best year. The highest pollen influx was noted for the majority of the trees (especially *Pinus*, *Carpinus* and *Taxus*). Pollen of *Secale cereale*, Cerealia type, *Rumex* and *Plantago lanceolata* can be considered as of a long-distance origin, since they are cultivated several hundred meters from the trap.

On the edge of the mixed, humid (damp) forest with the yew in a lower layer was situated the trap W3. In the

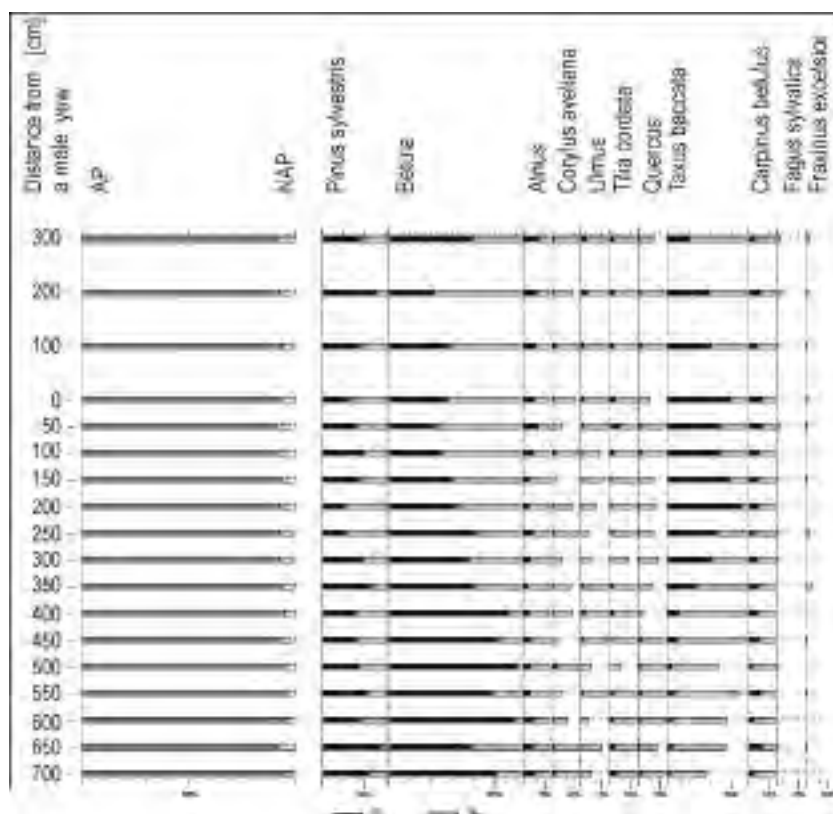


Figure 8. Wierchlas; Surface samples in the transect from under one male yew in the forest (site 13 in Figure 2), percentage pollen diagram selected major taxa. Location of the samples like Figure 2 and 3

nearest vicinity of this trap there are *Carpinus*, *Acer*, *Alnus*, *Taxus*, *Betula* and *Fraxinus*. In the pollen spectra, there is domination of trees, especially, *Taxus*, *Betula* and *Alnus*. *Pinus* grains are of long-distance origin as there are no pine trees in the nearest area. Now there are some old pines in the reserve in Wierzchlas but each year less, because every pine is about 300 years old. Among the herbal vegetation in the pollen spectra, most common are Poaceae much the same as the observed vegetation around the trap. Similarly to the W2 trap there was a presence of *Cerealia* type and *Rumex* pollen, whose producers were absent in the surrounding area.

The trap W4 was placed in tussock-sedge swamp surrounded by multi-species forests with the yew. The percentage values, as well as the influx values show the domination of Cyperaceae. Among the tree vegetation in the pollen spectra most common are *Pinus*, *Betula* and *Alnus*. Also in the trap from an open area but located so close to a large cluster of *Taxus*, percentage participation and influx of pollen of the yew is low and comparable to the samples from the lake.

When comparing the results of all traps (W1–4) for the same period, some similarities can be seen. The *Taxus* influx was especially high at all Tauber site in the year 2000. Weather conditions have a significant influence on the fluctuations of the influx values of specific taxa. Based on the pollen data of Wierzchlas, it can be seen that the 2000 season was the best time for a pollen production. The meteorological conditions show that it was the hottest year in Poland during the last fifty years with extremely high average monthly temperatures for February, March and April (KOŻUCHOWSKI & ŻMUDZKA, 2002).

The biggest amount of the pollen grains that deposited on 1cm² surface during one year was in the forested area trap (W2). Influx of AP was more than six times higher than influx of NAP in samples from the forested area. Whereas the influx of AP was three times lower than NAP in samples taken from an open areas. For each tree pollen type, the influx is higher at the site where the tree species dominate and lowest at the site furthest from where the species are most abundant.

Big fluctuations in the pollen influx values were seen in the forested area. The smallest fluctuations in the pollen influx values were observed in the unforested area traps (W1 and W4).

CONCLUSIONS

The recent pollen investigations of fossil sediments from Wierzchlas prove that *Taxus baccata* may be native from the beginning of the Subboreal (Figure 5 and 8). The bigger participation of the yew occurred already in the historic times and seems to be the reflection of the selective yew protection originally conducted in this area or even planting the yew here. A nearly complete disappearance of the yew pollen that happened in the W8a/W8b and W8b LPAZ can, however, result from the increased cutting of the tree for economic reasons.

The presence of the yew pollen in the surface spectra from the reserve in Wierzchlas depends, thus, on both the distance between the samples and the male yew trees as well as the forest density. The comparison of the surface spectra from different habitats of this reserve (lake, forest floor and peatbog) and annual material from Tauber's traps reflected a big discrepancy in the participation of the yew. On the one hand, these differences depend on the habitat from which the material originated, but on the other hand they are related to the distance of the analysed sample location from the male yew. The biggest percentage of the yew is noted in the samples originating from the Tilio-Carpinetum assemblage and the lowest percentage in alder forests and on a swamp which corresponds to the absence of the yew in these plant assemblages.

The differences in the percentage participation of the *Taxus baccata* pollen, which appears in the samples taken within the Tilio-Carpinetum assemblage, are mainly the reflection of a different distances from the male yew tree (NORYŚKIEWICZ, 1998). The thesis of limited dissemination capability of the yew pollen is confirmed in the light of the results achieved. A considerable amount of the *Taxus* pollen was recorded only in the surface samples taken from the area around the male specimens of yew trees.

The study of an annual pollen rain by means of pollen traps made possible the use of it to assess the local and regional presence of the yew in the Wierzchlas during the Holocene (Figure 8).

The results of the pollen analysis of surface samples and modern pollen traps from Wierzchlas proved that in the conditions presented in reserve (high density of trees) the migration of the yew pollen beyond the area of the forest was difficult (Figure 9). This research should help to clarify the history of the yew stand within this area and lead to the conclusion that even a low percentage of the yew pollen in the diagram results from its presence in that time forests, however, it is difficult to estimate its quantitative representation in the forest.

The main conclusion of the research in the reserve shows that *Taxus baccata* is strongly underrepresented in the pollen diagrams not only due to the difficulties in its identification (KRUPIŃSKI & AL., 2004) but as well as a result of its limited distribution.

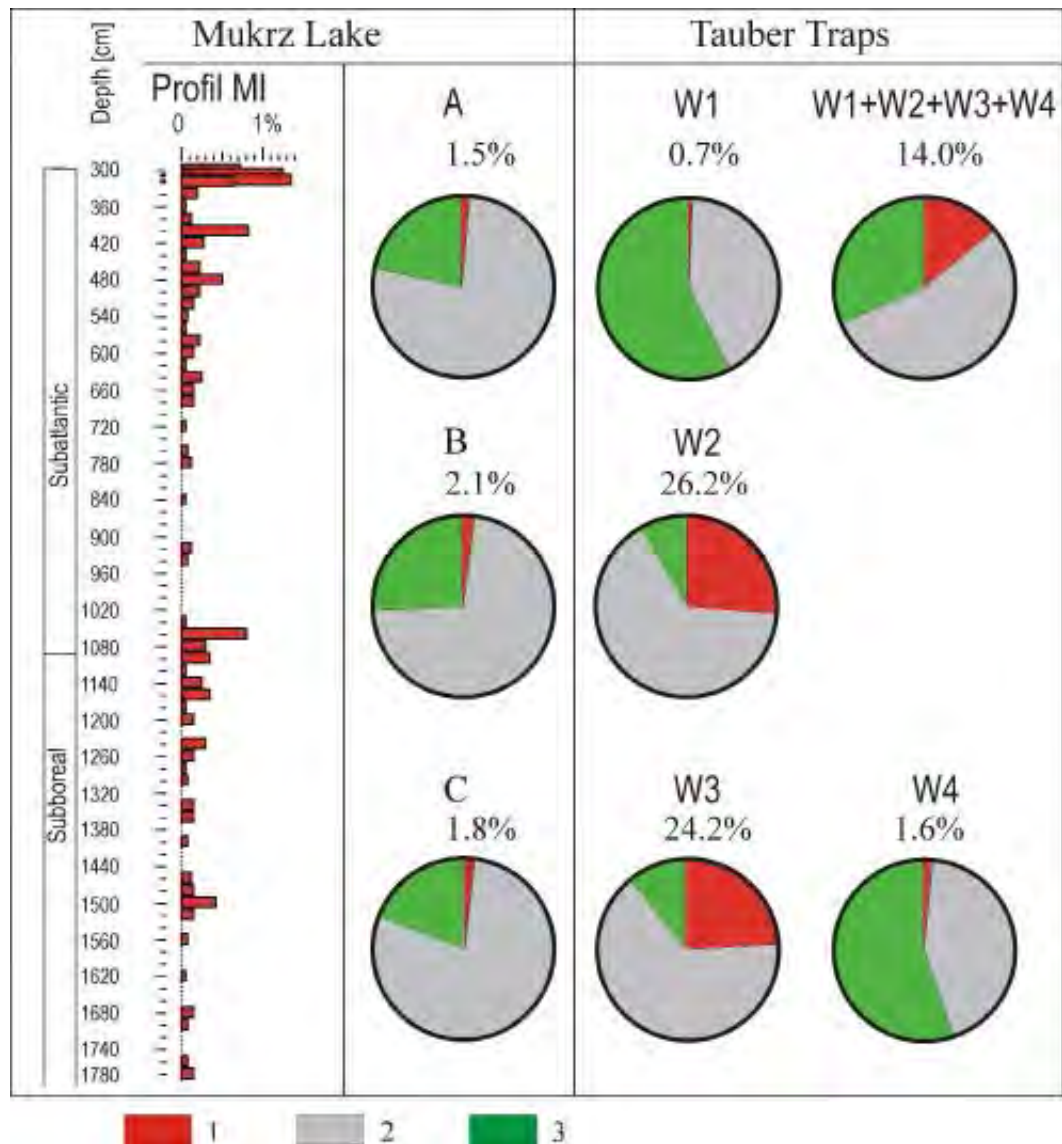


Figure 9. Wierzchlas; Percentage pollen participation of *Taxus baccata* in fossil deposits from Mukrz Lake and Tauber traps (for Tauber traps as the average for the entire period of the study; 1998–2013)

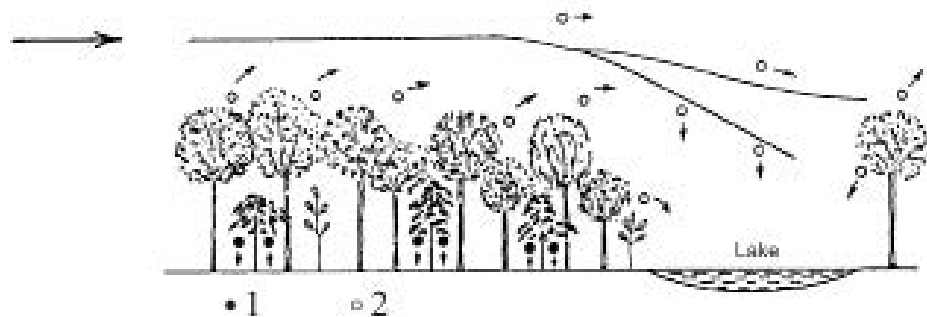


Figure 10. Wierzchlas; Percentage pollen participation of *Taxus baccata* in fossil deposits from Mukrz Lake and Tauber traps (for Tauber traps as the average for the entire period of the study; 1998–2013)

REFERENCES

- BERGLUND B. E., JASIEWICZOWA M. (1986). Pollen analysis and pollen diagrams, [w:] Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology, red. B.E. Berglund, Chichester, s. 455–484.
- BOIŃSKI, M. (1997). Rezerwat Przyrody „Cisy Staropolskie” im. Leona Wyczółkowskiego w Wierchlesie, Towarzystwo Miłośników Borów Tucholskich, Bydgoszcz.
- HICKS, S., AMMANN, B., LATAŁOWA, M. & PARDOE, H., 1996, European pollen monitoring programme. Project description and guidelines. Oulu University.
- KOŻUCHOWSKI, K. & ŻMUDZKA, E. (2001). Ocieplenie w Polsce: Skala i rozkład sezonowy zmian temperatury powietrza w drugiej połowie XX wieku, *Przegl. Gofiz.* XLVI, 1–2: 81–90.
- KRUPIŃSKI, K.K., NORYSKIEWICZ A.M. & NALEPKA, D. (2004). *Taxus baccata* L. Yew. In: M. Ralska-Jasiewiczowa, M. Latałowa, K. Wasylikowa, K. Tobolski, E. Madeyska, H.E. Jr. Wright, Ch. Turner (eds) Late Glacial and Holocene history of vegetation in Poland based on isopollen maps. Instytut Botaniki im. W. Szafera PAN, Kraków, pp 209–216.
- NORYSKIEWICZ, A.M. (1998). Analiza palinologiczna ściółki leśnej rezerwatu „Cisy Staropolskie im. Leona Wyczółkowskiego” w Wierchlesie, [w:] Ochrona gatunkowa na obszarach chronionych, red. E. Krasicka-Korczyńska, Towarzystwo Miłośników Borów Tucholskich, Bydgoszcz: 55–61
- NORYSKIEWICZ, A.M. (2001). Historia cisa we Wierchlesie na tle rozwoju postglacjalnej roślinności (maszynopis pracy doktorskiej w Instytucie Archeologii UMK w Toruniu)
- NORYSKIEWICZ, A.M. (2006). The history of the yew in the Wierchlas in light of palynological research (in Polish with English summary). TPDW& UMK Press, Toruń.
- NORYSKIEWICZ, A.M. (2012). Jedenaście lat monitoringu pyłkowego w rezerwacie Cisy Staropolskie im. L. Wyczółkowskiego, [w:] Rezerwat przyrody “Cisy Staropolskie im. Leona Wyczółkowskiego” w Wierchlesie, red. J. Pająkowski. TPDW, Świecie: 21–31.
- STOCKMARR J. (1971). *Tablets with spores in absolute pollen analysis*, *Pollen et Spores*, t. 13, z. 4: 615–621.
- TOBOLSKI K. (2002). Pomijana tematyka badawcza rezerwatu “Cisy Staropolskie im. L. Wyczółkowskiego” koło Wierchlasu, [w:] Park Narodowy Bory Tucholskie, red. J. Banaszak & K. Tobolski, Charzykowy: 165–194.
- WIĘCKOWSKI, K. (1970). New type of lightweight piston core sampler, *Bulletin de l'Academie Polonaise des Sciences, Series Geological* t. 18: 57–62.
- ZAJĄC, A. & ZAJĄC, M. (2001). Distribution Atlas of Vascular Plants in Poland. Jagiellonian University, Kraków.

Efectos del clima en el abetal de Passavets (Parque Natural del Montseny, Barcelona)

ELISABET MARTÍNEZ-SANCHO^{1,2,*}, EMILIA GUTIÉRREZ MERINO²

¹Chair of Ecoclimatology, Technische Universität München, Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2, 85354 FREISING, ALEMANIA

²Departament d'Ecologia, Facultat de Biologia. Universitat de Barcelona, Av. Diagonal, 643, 08028 BARCELONA, ESPAÑA
martinez@wzw.tum.de

ABSTRACT

The new scenarios of climate change in Europe predict an increase of drought in Europe with special emphasis in the Mediterranean Basin. These new environmental conditions will cause an extra stress for temperate species already living at their distribution limit. We focused on a small and isolated Silver Fir (*Abies alba* Mill.) stand situated at its southern limit of distribution in the Iberian Peninsula. We evaluated the effect of climate on tree growth using dendroecological techniques and taking in consideration 4 variables: ring width (RW), earlywood width (EwW), latewood width (LwW) and basal area increment (BAI). Our results highlight that the dramatic increase in the mean temperatures on the last century has not affected tree growth. However, the lack of precipitation has been the main limitation during the growing period.

KEY WORDS

Abies alba, climate change, conservation, dendroecology

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas, los cambios de tendencia en clima debido al cambio climático han sido estudiados con profundidad. El penúltimo informe del Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC, 2007) preveía un aumento de 2-4 °C para el área del mediterráneo, una de las más vulnerables debido a su alto porcentaje de la biodiversidad mundial. La sequía parece ser el factor más importante de dicho cambio climático sobre los bosques y episodios de mortalidad ya han sido reportados en todo el mundo evidenciando la magnitud de los hechos (ALLEN & AL., 2010).

Estos efectos del cambio climático son incluso más drásticos en el límite de distribución de las especies debido a que las condiciones climáticas no son las óptimas para el crecimiento de las especies. Como consecuencia, especies de climas templados creciendo en la Península Ibérica crecen bajo condiciones muy adversas. Muchas de estas poblaciones migraron durante la última glaciación a zonas más meridionales de Europa y ahora, en climas mediterráneos, encuentran refugio en las cumbres de las montañas.

Nuestro objeto de estudio es una pequeña población de abeto *Abies alba* Mill. localizada en su límite de distribución en la Península Ibérica. Esta población centenaria ha sido extremadamente explotada durante toda su historia debido a su proximidad y accesibilidad a la civilización. Documentos históricos ya ponían de manifiesto el valor ecológico de la población y la sobreexplotación que sufría (VAYREDA, 1879).

La aplicación de técnicas de dendrocronología en ecología es conocida como la dendroecología. La dendrocronología es muy útil para estudiar procesos que tienen lugar a escalas de tiempo largas como por ejemplo la sucesión ecológica. Los anillos permiten datar el año de germinación y muerte de los árboles, que son los dos procesos clave de la dinámica de las poblaciones (GUTIÉRREZ MERINO, 2009). Además, el análisis de las series anuales de crecimiento permite determinar el régimen de perturbaciones que ha afectado al bosque así como analizar los procesos de competencia y el efecto del clima.

Nuestro objetivo ha sido estudiar cómo está afectando el clima al crecimiento de estos abetos. Para ello, hemos aplicado técnicas dendroecológicas que nos permiten analizar la influencia del clima en el crecimiento de los árboles de esta población y determinar las variables climáticas que más limitan su crecimiento durante el periodo 1914-2010.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de muestreo

El bosque de abetos muestreado se localiza en el parque natural del Montseny, situado entre las provincias de Barcelona y Girona. En las zonas más bajas del parque, a menos de 1.000 m de altitud, hay una gran influencia del clima Mediterráneo y se desarrolla el encinar, mientras que altitudes más altas se desarrolla un hayedo muy extenso y un pequeño rodal de abetos, el de “Passavets”, rodeado de hayas en la ladera norte del Turó de l’Home aunque hay árboles de abetos diseminados por el hayedo. Este parque destaca por diferentes razones pero una de ellas es que alberga diferentes especies de climas templados y templado-fríos que encontraron refugio en previas épocas glaciales y ahora se encuentran confinadas en las cumbres de estas montañas donde el clima es submediterráneo y sin sequía estival en promedio (periodo 1914-2010). Por eso, la niebla es uno de los mayores aportes de humedad atmosférica crucial para las especies de climas templados residentes en el parque (GUTIÉRREZ, 1988). En 1977, el parque natural fue declarado Reserva de la biosfera por la UNESCO.

Nuestro estudio se centra en una población muy reducida de abetos, conocida popularmente como la “aveteda de Passavets” (Figura 1), situada en la cara norte del pico más alto del parque (Turó de l’Home 1.705 m sobre el nivel del mar). Esta población ocupa un área de 104.608 m² y se encuentra aislada de las poblaciones más cercanas de la especie las cuales están situadas en los Pirineos.

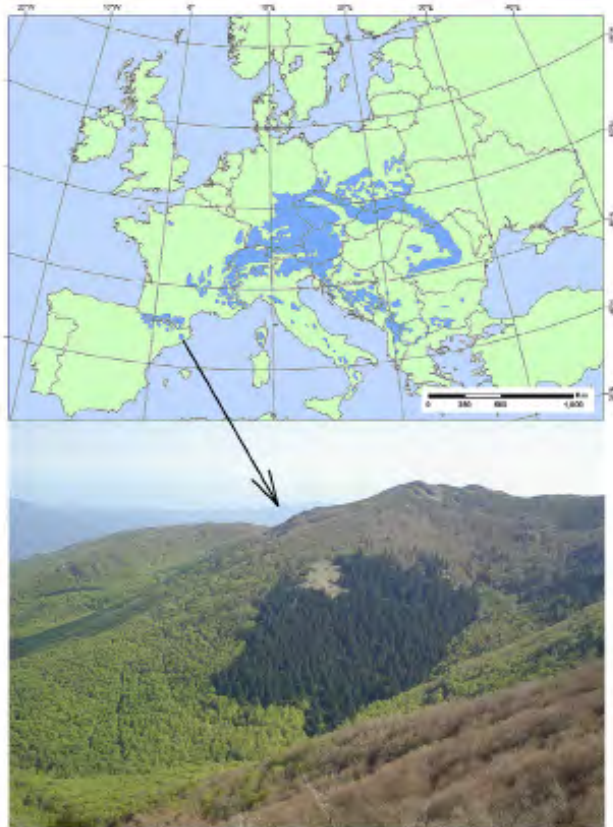


Figura 1. a) Distribución del Abeto en Europa obtenido en EUFORGEN 2009, www.euforgen.org. b) Población de estudio, Aveteda de Passavets.

Obtención de las muestras y su posterior tratamiento

Un total de 40 testimonios de madera, que provienen de 19 árboles diferentes, fueron tomados de esta población usando barrenas tipo Pressler de 4,5 y 5 mm de diámetro interior en junio de 2011. Estos testimonios de madera fueron secados, fijados en soportes de madera y lijados hasta conseguir una visualización clara de los anillos de crecimiento. Posteriormente, dichos testimonios fueron escaneados a 2400 dpi con un scanner de alta resolución. Todos los testimonios de madera fueron croscatados visualmente y medidos siguiendo los procedimientos comunes en dendroecología (FRITTS, 1976). Medimos el grosor la madera temprana y la madera tardía de todos los anillos y obtuvimos 4 variables diferentes con resolución anual: el ancho de anillo total (RW, mm) que corresponde a toda la madera formada en un periodo de crecimiento, el ancho de la madera temprana (EwW, mm) correspondiente a la parte de madera formada en la primera parte de la estación de crecimiento, el ancho de la madera tardía (LwW, mm) correspondiente a la madera producida al final de la época de crecimiento cuya coloración es más oscura y por último el incremento de área basal (BAI, mm²) medida del total de madera producida en la circunferencia del árbol (BIONDI & QUEDAN, 2008).

Construcción de las cronologías

La croscatación visual se validó con el programa COFECHA (HOLMES, 1983). Las series de crecimiento están sometidas a la influencia de diversos procesos los cuales producen cambios en la tasa anual de crecimiento. Entre los más destacables están el efecto de la edad que hace que los anillos sean más estrechos con el paso del tiempo y el efecto de las talas que producen aumentos en el grosor de los anillos. Estas fluctuaciones no debidas al clima deben ser extraídas con el objetivo de hacer que todas las series que intervienen en la cronología sean comparables y poder promediarlas, para poder llevar a cabo el análisis de las relaciones crecimiento-clima. Este proceso básico en dendrocronología se denomina estandarización o “detrending”. Hemos aplicado una función flexible que permitiera filtrar el efecto de la edad y de las talas (variabilidad en las frecuencias bajas y medias) pero que dejara toda la variabilidad debida al clima (altas frecuencias). Dicho proceso se llevó a cabo con el programa ARSTAN 44h2_XP (COOK & KRUSIC, 2013) que tiene incorporada la función Friedman super smoother. Para el periodo de estudio (1914-2010), las 4 cronologías obtuvieron un valor de Expressed Population Signal (EPS) superior a 0,85, valor aceptado por convenio para validar la fiabilidad de las cronologías cuando se llevan a cabo estudios dendroclimáticos.

Clima

Los datos climáticos fueron cedidos por los autores JUMP & AL. (2007) *Fagus sylvatica*, across its altitudinal range and how its climate-response has varied over time. We determined the climate-response of the growth

of adult trees and the establishment of juveniles using dendroecological methods at 3 sites along an elevational gradient spanning this species' full altitudinal distribution of approximately 1000-1650 m above sea level. We found strong altitudinal variation in growth and establishment responses to climate. The most common growth response was to high spring and summer temperature (April-July) and consisten en series mensuales de precipitación total y temperatura media. Estas series cubren el período 1914-2004. Para alargar las series hasta el 2010 utilizamos datos de la estación meteorológica Tagamanent situada dentro del parque natural siguiendo los mismos procedimientos que JUMP & AL. (2007) utilizaron para completar las primeras décadas de la serie.

Análisis de los datos

Correlaciones de Pearson utilizando el método "bootstrap" entre las 4 cronologías y las series climáticas de precipitación y temperatura medias mensuales fueron llevadas a cabo mediante el programa DENDROCLIM (BIONDI & WAIKUL, 2004). Se realizaron para todo el periodo de estudio y se ha tenido en consideración el efecto del clima del año anterior en el crecimiento del año en curso.

RESULTADOS

Características de las cronologías

Los estadísticos de las 4 cronologías se muestran en la Tabla 1. La cronología más larga es la del ancho total de los anillos (RW) debido a que se utilizaron más testimonios para construirla. Los valores medios y desviaciones estándar más elevados corresponden a la BAI y los más bajos a LwW. Sin embargo, la cronología de LwW tiene los valores más altos de la sensibilidad media. LwW también muestra la correlación más baja con la serie maestra.

Si tenemos en cuenta la evolución de las diferentes variables de crecimiento, observamos que tienen tendencias diferentes. Algunas de las cronologías muestran un cambio de tendencia a partir del 1975 (Figura 2). Mientras que la serie de RW se mantiene estable durante el período de estudio, LwW y EwW muestran tendencias opuestas ($r = -0,413$; $p = 0,014$) y ($r = 0,384$; $p = 0,023$) respectivamente. En cuanto el BAI, también muestra una tendencia positiva a partir de 1975 ($r = 0,704$; $p = 0,000$).

Relaciones crecimiento - clima

Para el período de estudio (1914-2010), la precipitación es el factor limitante para el crecimiento de los abetos de esta población. Las precipitaciones de mayo, julio y otoño del año anterior muestran correlaciones positivas y significativas con las 4 cronologías y en especial con la LwW que parece ser la más sensible a la falta de agua (Figura 3). Así, la LwW y el BAI también muestran una

	NT/C	CS	Media	SD	MS	COR	EPS>0,85 desde
RW	24/50	1587-2010	1,23	0,695	0,221	0,545	1710
BAI	19/40	1771-2010	11,04	7,638	0,223	0,554	1880
EW	19/40	1771-2010	0,83	0,464	0,268	0,509	1880
LW	19/40	1771-2010	0,51	0,365	0,311	0,445	1880

Tabla 1. Resumen de las cronologías. NT/C: no árboles/cores. CS: Crono span o periodo cubierto por la cronología. SD: Desviación estándar. MS: sensibilidad media. COR: Correlación media con la serie maestra. EPS: Expressed Population Signal.

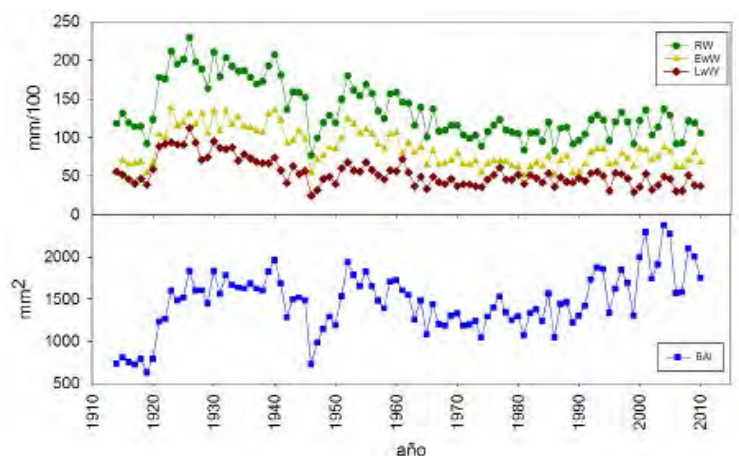


Figura 2. Las cronologías de las 4 variables: RW, EwW, LwW y BAI para el periodo de estudio 1914-2010.

correlación positiva y significativa con las precipitaciones del mes de septiembre del año de crecimiento.

Las temperaturas no muestran ningún efecto significativo durante el periodo de crecimiento de mayo a septiembre. No obstante, sí que se observa un efecto negativo y significativo sobre las 4 variables de crecimiento de las temperaturas del mes de octubre del año anterior y el mes de noviembre del año en curso sobre la madera tardía.

Estudios recientes elaborados en el área de estudio auguran un ascenso de los biomas a causa del cambio climático (PEÑUELAS & BOADA, 2003) debido a que las especies de la zona templado-fría residentes en el parque, como el haya o el abeto, no son capaces de adaptarse al aumento de temperatura. Por lo tanto, en cotas bajas habría mortalidad, mientras que en las zonas altas de las montañas las condiciones se vuelven más complacientes y dichas especies podrían ensanchar su área de distribución a cotas más altas. Nuestro trabajo expone valiosas pruebas de que esta pequeña masa forestal de abeto no muestra signos de declive debido al cambio climático.

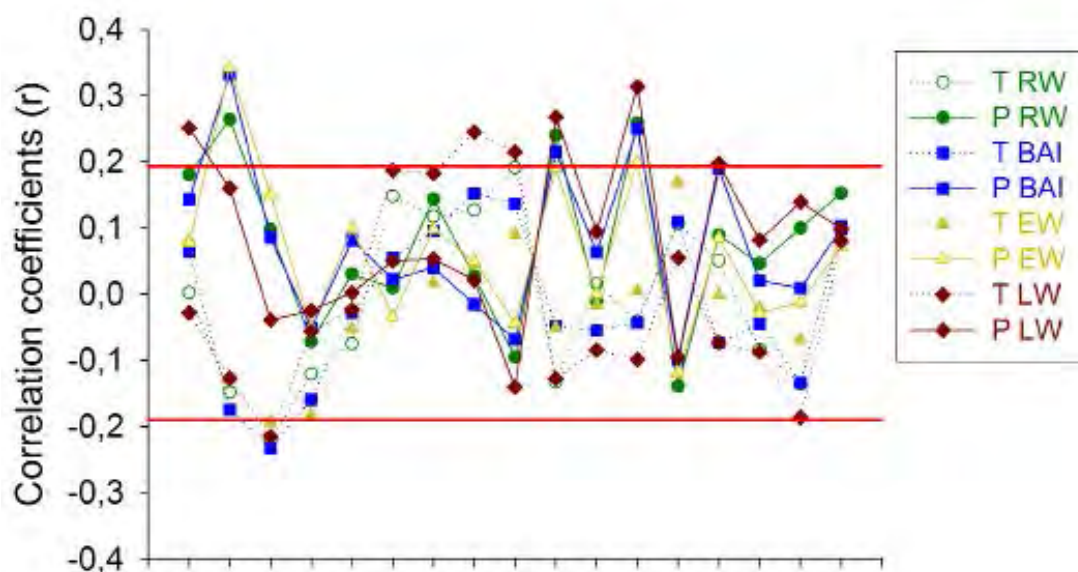


Figura 3. Coeficientes de correlación entre las 4 cronologías y las variables climáticas mensuales (temperatura media y precipitación total) para el periodo 1914-2010. Las líneas en rojo significan valores significativos ($p < 0,05$).

DISCUSIÓN

Nuestros resultados ponen de manifiesto que el aumento de las temperaturas en el último siglo no ha supuesto una limitación para el crecimiento y el establecimiento de nuevos individuos en la zona. De hecho, podemos afirmar que, teniendo en cuenta el periodo de estudio, el crecimiento de las 4 variables (EwW, LwW, RW y BAI) parece estar más limitado por las bajas temperaturas meses de primavera y agosto (relación positiva con el crecimiento) que por las altas (relación negativa con el crecimiento). De hecho el efecto de las altas temperaturas es significativo durante el otoño y en particular afecta de manera significativa a la madera tardía. Ésta variable es la que muestra una mayor variabilidad interanual (valor más alto de MS, Tabla 1) y una sensibilidad mayor a las temperaturas (Figura 3).

En general, podemos afirmar que hay un descenso de efecto del clima en el crecimiento de los árboles a partir de mediados del último siglo. Consecuencia de ello, el crecimiento en área basal (BAI) ha aumentado.

Sería interesante llevar a cabo estudios sobre la fisiología de la especie para determinar cuáles son los umbrales y poder prever su capacidad de aclimatación. Asimismo, la competencia entre el haya y el abeto debe ser estudiada para dar herramientas para la gestión y conservación de estos bosques en el parque natural del Montseny.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras queremos agradecer especialmente a Gerardo Costea, Helena Almirall y Nita Merino por su ayuda en la recolección de las muestras. También agradecer a la Diputació de Barcelona por facilitar el permiso para dicho trabajo y al proyecto EEUU project FORMAT (ENV4-CT97-0641) que financió parte del trabajo de campo.

BIBLIOGRAFIA

ALLEN, C. D., MACALADY, A. K., CHENCHOUNI, H., BACHELET, D., MCDOWELL, N., *et al.* (2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, 259, 660–684.

BIONDI, F., & QUEDAN, F. (2008). A Theory-Driven Approach to Tree-Ring Standardization : Defining the Biological Trend from Expected Basal Area Increment. *Tree Ring Research*, 64(2), 81–96.

BIONDI, F., & WAIKUL, K. (2004). DENDROCLIM2002: A C++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies. *Computers & Geosciences*, 30(3), 303–311.

COOK, E. R. & KRUSIC, P. J. (2013). Program ARSTAN. A tree-ring standardization program based on detrending and autoregressive time series modeling, with interactive graphics. <http://www.ldeo.columbia.edu/tree-ring-laboratory/resources/software>. Accessed July 2014.

FRITTS, H. (1976). *Tree rings and climate*, Academic Press, London.

GUTIÉRREZ, E. (1988). Dendroecological study of *Fagus sylvatica* in the Montseny mountains (Spain). *Acta Oecologica*, 9(3), 301–309.

GUTIÉRREZ MERINO, E. (2009). La dendrocronología: métodos y aplicaciones. En: *Arqueologia nàutica mediterrània* (Nieto, X.; Cau, MA. eds.). pág. 309–322. Monografies del CASC 8.

HOLMES, R. L. (1983) Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bull* 43, 69–78

IPCC (2007) *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.

JUMP, A. S., HUNT, J. M., & PEÑUELAS, J. (2007). Climate relationships of growth and establishment across the altitudinal range of *Fagus sylvatica* in the Montseny Mountains, northeast Spain. *Ecoscience*, 14(4), 507–518.

PEÑUELAS, J., & BOADA, M. (2003). A global change-induced biome shift in the Montseny mountains (NE Spain). *Global Change Biology*, 9, 131–140.

VAYREDA, E. (1879). Plantas notables por su utilidad ó rareza que crecen espontáneamente en Cataluña, ó sea apuntes para la flora catalana. Madrid: Imprenta de Fortanet, calle de la Libertad, núm. 29.

Lichen diversity in yew forests from the Natural Park and Biosphere Reserve of Montseny (Spain)

ESTEVE LLOP

Universitat de Barcelona, Dpt. Biologia Vegetal. Avda. Diagonal, 643. 08028 BARCELONA

ABSTRACT

The lichen diversity from two yew forests located in the natural park and biosphere reserve of Montseny has been studied. The checklist compiles 42 taxa; among them, 7 are newly quoted for the protected area. The differences in terms of species composition and abundance of functional traits (thallus, reproduction, ecological factors, and resistance to human perturbation) of lichens are the consequence of the availability of different substrates and structural characteristics of both yew forests.

KEYWORDS

Taxus baccata, lichenized fungi, Montseny, functional traits, biodiversity, perturbation.

INTRODUCTION

Yew forests have a restricted distribution in Catalonia, being located in the Prepirineus and the prelitoral ranges (Carreras, 2005). This community has been afforded priority status in the EU Habitats Directive. Yew forests are menaced by over grazing, degradation of their habitat, and drier climatic conditions, mainly in the Mediterranean area (THOMAS & POLWART, 2003; SANZ *Et al*, 2009).

The knowledge on the colonization of yew by lichenized fungi is scanty. There is only one reference available studying the growth of lichen on *Taxus baccata* (JOVET, 1936). The author highlighted that all the species of lichens were found growing on twigs and leaves, and no colonization was observed on trunks.

Currently, there is an ongoing study on the diversity of lichens in the Natural Park and Biosphere Reserve (PNBR) of Montseny. Yew forests are one of the selected habitats, among those habitats present in the protected area. The lack of data on the lichen communities associated to yew forests, at Iberian and European level, represents a challenge in order to increase our knowledge from this peculiar habitat. The aims of this paper are to study and analyse the diversity of epiphytic and terricolous lichens associated to yew forests of the PNBR Montseny.

MATERIAL & METHODS

Two sites have been examined, Turó dels Camps (TC) and Sot de la Font del Vilar (FV). The yew forest at Turó dels Camps is located at 1540 m and covers an area of 0.5 Ha with 10 trees inventoried, which cover only a 5%. The forests at Sot de la Font del Vilar stands at 1100 m and extends on 0.6 Ha with 110 trees inventoried, which cover the 75%. Three main substrates have been differentiated: trunk and branches of trees, wood and soils.

In order to compare the lichen communities from both sites, the identified species have been characterised according to their thallus morphology (crustose, foliose or fruticulose), the sort of reproduction (asexual or sexual), their requirements for different ecological factors (eutrophication, pH of substrate and solar radiation) and their resistance to several degrees of perturbation of human origin. The assignment to different classes follows the proposal made by Nimis & Martellos (2008).



FIGURE 1. View of the aspect of both sites.
A: Turó dels Camps. B: Sot de la Font del Vilar

Diversity data, referring to presence/absence of species and the abundance of functional traits (thallus morphology, reproduction and ecological factors) and perturbation, has been analysed in order to find which similarities are there between both forests. Similarities have been examined by a Bray-Curtis ordination using the software package PC-ORD v6.15 (McCune & Mefford, 2011).

RESULTS & DISCUSSION

The catalogue of lichens identified from both yew forests from the PNB Montseny contents 42 taxa. Among them, 34 species were growing on *Taxus baccata*. The list includes seven taxa that are newly reported for the protected area: *Buellia griseovirens* (Turner & Borrer ex Sm.) Almb.; *B. iberica* Giralt; *Cladonia coniocraea* (Flörke) Spreng.; *Lecanora laatokkaensis* (Räsänen) Poelt; *L. mughicola* Nyl.; *Lepraria rigidula* (B. de Lesd.) Tønsberg; *Placynthiella icmalea* (Ach.) Coppins & P. James.

The previous data on the growth of lichens on yew only included the paper by JOVET (1936), who quoted the presence of seven species growing on several species

of *Taxus* from France. Otherwise, there is no information on the colonization of lichens on yew from the Iberian Peninsula. The comparison of the species richness of yew forests of Montseny with other conifer forests from Iberian Peninsula shows important differences. ARAGÓN & AL. (2004) compiled 111 species growing on *Juniperus oxycedrus*. Later, ARAGÓN & AL. (2006) studied the lichen diversity on several species of *Pinus*, they identified 49 taxa on *P. halepensis*, 77 on *P. pinaster*, 79 on *P. sylvestris*, and 123 on *P. nigra*. Apart from the value found on *P. halepensis*, the species richness observed in several coniferous species doubles or trebles the number of species observed on yew. The authors examined several localities from three ranges located in the center and south of the Iberian Peninsula. However, in a close area such Collada de Toses, located about 100 km NW of Montseny, GÓMEZ-BOLEA (1984) observed 31 lichens on *Abies alba*, 27 on *P. sylvestris*, and 31 on *P. uncinata*. This study was carried in a unique locality ranging along an altitudinal transect of 300 m and occupying a wider area than the examined yew forests from the PNB Montseny.

	Branch TC	Wood TC	Soil TC	Branch FV	Wood FV	Soil FV
<i>Agonimia tristicula</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Buellia griseovirens</i>	0	1	0	0	0	0
<i>B. iberica</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Caloplaca ferruginea</i>	1	0	0	1	0	0
<i>Candelariella vitellina</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Catillaria nigroclavata</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Cladonia chlorophaea</i>	0	0	1	0	0	0
<i>C. coniocraea</i>	0	1	0	0	0	0
<i>C. fimbriata</i>	0	0	1	0	0	0
<i>C. pyxidata</i>	0	0	1	0	0	0
<i>C. rangiformis</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Diploschistes muscorum</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Hypogymnia physodes</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Lecanora carpinea</i>	1	0	0	1	0	0
<i>L. chlorotera</i>	0	0	0	1	0	0
<i>L. expallens</i>	1	0	0	0	0	0
<i>L. glabrata</i>	1	1	0	0	0	0
<i>L. intumescens</i>	1	1	0	0	0	0
<i>L. laatokkaensis</i>	0	1	0	0	0	0
<i>L. leptyroides</i>	1	0	0	1	0	0
<i>L. mughicola</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Lecidella elaeochroma</i>	1	0	0	1	0	0
<i>Lepraria eburnea</i>	0	0	0	0	0	1
<i>L. rigidula</i>	0	1	0	1	0	0
<i>Melanelixia fuliginosa</i> subsp <i>glabrata</i>	0	0	0	1	0	0

	Branch TC	Wood TC	Soil TC	Branch FV	Wood FV	Soil FV
<i>Melanohalea laciniatula</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Micarea lignaria</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Parmelia saxatilis</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Parmelina pastillifera</i>	0	1	0	0	0	0
<i>P. tiliacea</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Peltigera polydactylon</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Pertusaria albescens</i>	1	0	0	0	0	0
<i>P. pertusa</i>	0	1	0	0	0	0
<i>P. pseudocorallina</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Phlyctis argena</i>	1	1	0	1	0	0
<i>Placynthiella icmalea</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Porina aenea</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Tephromela atra</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Usnea rubicunda</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Xanthoparmelia tinctoria</i>	0	1	0	0	0	0
Total	18	17	6	11	0	2
TC: Turó dels Camps; FV: Sot de la Font del Vilar						

Table 1 compiles the identified species of lichens indicating in which substrat they have been observed for each locality.

The species richness for both localities is 35 and 13, respectively. The number of lichen species from TC is similar to the numbers observed in some coniferous woods from the Natural Park of Cadí-Moixeró, with values ranging between 30 and 33 species depending on the site (LLOP & AYMERICH, 2014). This value of species richness is also similar to the values obtained on *Juniperus oxycedrus* from sites of the center and south of Spain (ARAGÓN & AL., 2004). On the contrary, the species richness from the yew forest at FV is very low, compared with the data showed on the aforementioned papers.

Trunks of standing yew trees were the poorest substrate, concerning lichen colonization. In fact no lichens were observed growing on that substrate. Branches were the only colonized part on live trees. Lichens used to develop on young and corticated branches as well as on dead and decorticated branches. Dead trunks, with available wood as substrate, were present only in the yew forest of TC, resulting in the lack of lignicolous lichens at FV. Regarding terricolous lichens, the site at TC was richer than the location at FV.

The comparison on the species composition, considering the available substrates at each site, showed significant differences according to the Bray-Curtis ordination. A similar pattern was observed when applying the Bray-Curtis ordination using the abundance of functional traits associated to lichen species present to the considered substrates (Figure 2). No similarities were observed between the lichen communities on soils and branches of both yew forests,

each site located at the opposite part of the ordination. The differences in the lichen community growing in branches from each site result from the characteristics of both forests. TC yew trees are older with a high amount of dead branches, most of them decorticated. This point determines also the similarity observed between the lichen community growing on branches and the community developing on wood. On the contrary, FV is dominated by young trees with corticated branches.

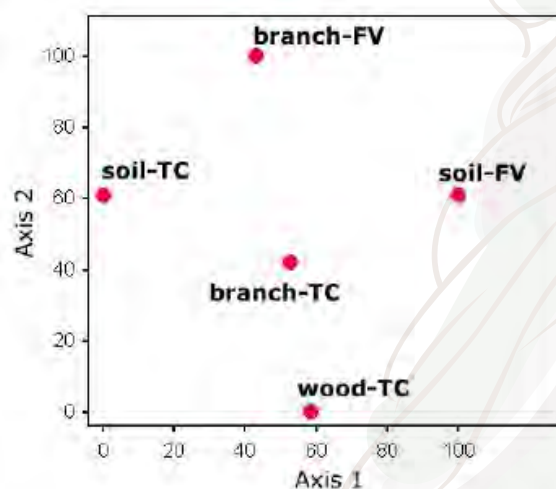


FIGURE 2. Bray-Curtis ordination based on the abundance of functional traits associated to the species of lichens present on the different substrates from the examined yew forests: Turó dels Camps (TC) i Sot de la Font del Vilar (FV). Both axes explain the 99.37% of the variance, axis 1 explains a 85.09% and axis 2 a 14.28%.

Those results coincide with the observations of JOVET (1936), lichens are not able to colonize the bark at the trunk of yew trees, although they can grow on living branches. In that case, lichens only colonize the end of branches. The author only found lichens with a foliose thallus lying on top of leaves. In Montseny, most of the species of lichens have a crustose thallus, just two species had a foliose thallus, and all of them were growing adpressed to the bark of branches.

The structure of both examined yew forests determines slightly differences in terms of the composition of lichen communities, considering functional traits. The main effect can be detected on the percentage of requiring solar radiation. TC is an open forest, thus the percentage of species requiring diffuse light is lower than in FV (Figure 3). The later is a mixed forest with beech trees, resulting in a closer canopy. However, in FV a higher proportion of species adapted to high solar radiation was observed. Apart from the solar radiation, other traits like tolerance

to eutrophication or the resistance to perturbation show an opposite pattern (Figure 4). Lichen communities at both yew forests have similar percentages of species tolerating null or weak eutrophication, representing about a 40%; yet the percentage of species tolerating high eutrophication is remarkably higher in the lichen community in FV. The same happens for species resisting perturbations, both forests content a 30% of species with low resistance to perturbations. On the other hand, lichen community at FV is composed by, at least, a 40% of species resisting high levels of perturbation; while in TC they represent less than a 25%. The main reason of those differences is due to a remarkable abundance of colonizers in FV. Those colonizers tolerate high levels of eutrophication and perturbation, and they can also resist exposed solar radiation also. Therefore, the percentage of lichens included in that group was noticeable in that forest. On the other hand, lichen community at TC is dominated by species tolerating or requiring medium levels of all the functional traits considered.

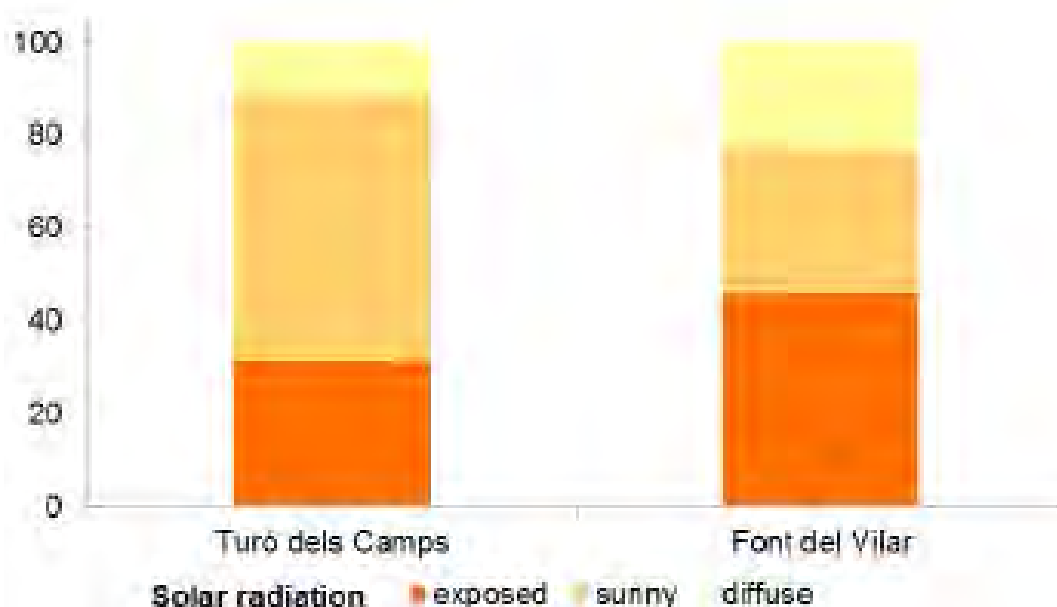


FIGURE 3. Abundance of lichens associated to the requirements of solar radiation, expressed as the percentage of the considered groups.

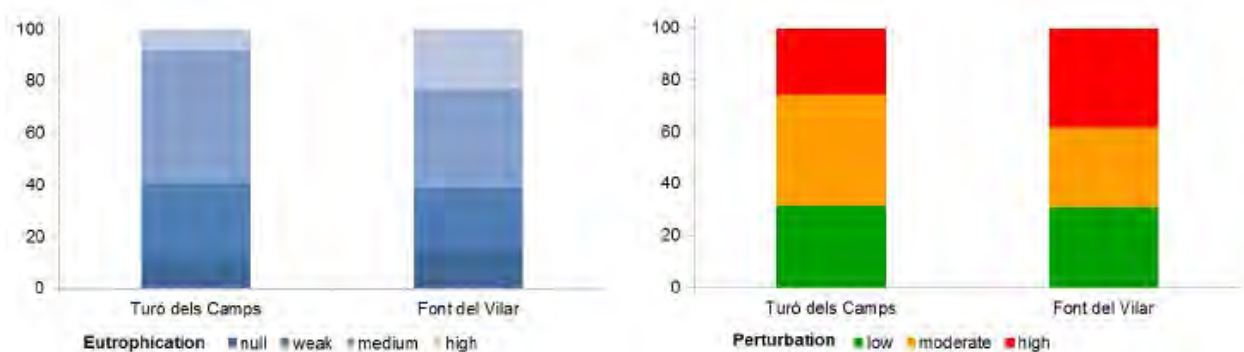


FIGURE 4. Abundance of lichens associated to the tolerance to eutrophication and resistance to perturbation of human origin, expressed as the percentage of the considered groups.

CONCLUSIONS

There is a great variability in terms of lichen diversity between the examined yew forests at the Natural Park and Biosphere Reserve of Montseny. The observed differences are related to the main characteristics of both forests and the availability of different substrates. The presence of wood has been an important factor in order to increase the lichen diversity in this kind of forests.

The characteristics of each yew forest have a relative effect on the composition of lichen community respect to functional traits, mainly to solar radiation requirements. Moreover, the structure of both forests determines changes in the abundance of colonizers or mesophilous species.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author warmly thanks Dolors Martínez and Jordi Ponce for their willingness and assistance to locate and access to the examined sites. This work was funded by the Diputació de Girona, through the Environmental Services (contract 2014/68-82MA).

REFERENCES

- ARAGÓN, G., SARRIÓN, F. J., MARTÍNEZ, I. (2004). Epiphytic lichens on *Juniperus oxycedrus* L. in the Iberian Peninsula. *Nova Hedwigia* 78: 45-56.
- ARAGÓN, G.; MARTÍNEZ, I. & BELINCHÓN, R. (2006). Aportación al conocimiento de los líquenes epífitos de *Pinus halepensis*, *P. nigra*, *P. pinaster* y *P. sylvestris* en la Península Ibérica. *Botanica Complutensis* 30: 61-70.
- CARRERAS, J. (2005). Teixedes Ibèriques. In: Manuals dels Hàbitats de Catalunya, vol VI Boscos (VIGO, J., CARRERAS, J. FERRÉ, A., eds.). Generalitat de Catalunya, Barcelona .
- GÓMEZ-BOLEA, A. (1984). Líquenes epífitos de *Abies alba*, *Pinus sylvestris* y *P. uncinata*, en la Collada de Toses (Girona). *Anales de Biología* 1 (Sección Especial 1): 233-235.
- JOVET, P. (1936). Sur les lichens épiphylls des résineux de l'Ecole des Barres. *Bulletin de la Société Botanique de France* 83: 236-237.
- LLOP, E. & AYMERICH, P. (2014). Aproximación a la diversidad líquénica del Parque Natural del Cadí-Moixeró. Líquenes de los bosques de coníferas. *Botanica Complutensis* 38: 27-32.
- MCCUNE, B. & MEFFORD, M. J. (2011). PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 6.15. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.
- NIMIS, P. L. & MARTELLOS, S. (2008). ITALIC - The Information System on Italian Lichens. Version 4.0. University of Trieste, Dept. of Biology, IN4.0/1. <http://dbiodbs.univ.trieste.it/> accessed: 12.08.2014.
- SANZ, R., PULIDO, F., NOGUÉS-BRAVO, D. (2009). Predicting mechanisms across scales: amplified effects of abiotic constraints on the recruitment of yew *Taxus baccata*. *Ecography* 32: 993-1000.
- THOMAS, P. A. & POLWART, A. (2003). Biological flora of the British Isles. *Taxus baccata* L. *Journal of Ecology* 91: 489-524.

Censo e inventariado de tejo (*Taxus baccata* L.) En la garganta del alto manzanares

RUBÉN BERNAL GONZÁLEZ

Asociación Reforesta. Calle Nieves 1, 28410 (Madrid), Manzanares el Real (Madrid)



canchales graníticos que le confieren cierta originalidad ecológica y paisajística. Se trata de una población joven y pujante, con predominio de tejos jóvenes. La sobrepoblación existente de cabra montés (*Capra pyrenaica victoriae*) está suponiendo una degradación generalizada de las poblaciones de tejos, siendo hasta el momento ineficientes las medidas de gestión encaminadas a su control llevadas a cabo por las administraciones competentes.

PALABRAS CLAVE

Tejo, Alto Manzanares , censo, cabra montés , gestión

ABSTRACT

In 2009, a census and inventory of the whole population of yews (*Taxus baccata*) was conducted at the Alto Manzanares Ravine, in Madrid. 1316 specimens were counted, 715 of which were adults and 601 seedlings. Physical and ecological characteristics of each individual were detailed in order to perform a systematic study of their condition. Compared with previous census, the survey shows an increase of (that) The yew population in this valley, 19.7% of the total amount in The Sierra de Guadarrama. 5 groups of yews and 18 unique yew trees were located. The inventory populations thrive at the xeric conditions of the sub-Mediterranean climate, mainly facing south, and sharing biotope with the original Mediterranean-influenced flora. This yew population is a vibrant young one growing at large granite screes that confer it some ecological and peculiar landscape features. The existing overpopulation of wild goat (*Capra pyrenaica victoriae*) and the inefficient measures taken to control them is generating a general degradation of the yew population.

KEYWORDS

Yew, Alto Manzanares, census, wild goat, management

RESUMEN

En el año 2009 se realizó el censo e inventariado pie a pie de la totalidad de la población de tejos existentes en la garganta del Alto Manzanares, en la sierra de Guadarrama de Madrid (España). Fueron localizados un total de 1316 ejemplares, de los cuales 715 eran adultos y 601 brinzales. Se anotaron las características físicas y ecológicas de cada uno de los ejemplares para realizar un estudio sistemático de su estado. El elevado número de ejemplares censados respecto a trabajos anteriores supone que la población de este valle constituye el 19,7% de la existente en la sierra de Guadarrama. Se localizaron 5 agrupaciones de tejos y 18 ejemplares singulares. Las poblaciones inventariadas medran en condiciones xéricas de clima submediterráneo, orientados mayoritariamente al sur, compartiendo biotopo con una original flora de influencia mediterránea. Los tejos crecen en extensos

INTRODUCCIÓN

El proyecto se realiza en el entonces Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares, actualmente incluido de manera parcial en el Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama, estando protegido el tejo en el catálogo regional de especies amenazadas y siendo una especie francamente escasa (REVILLA *et al.*, 1998). El ámbito de actuación es la garganta del alto Manzanares, en el tramo central de la cara sur de la sierra de Guadarrama (Comunidad de Madrid, España), término municipal de Manzanares el Real.

Dicha zona comprende la cabecera del río Manzanares entre las sierras de la Cuerda Larga, el Francés, las Barreras, los Porrones y la Pedriza del Manzanares, con una extensión aproximada de 6.000 hectáreas, caracterizada por la profusión de roquedos graníticos en un área de gran interés geológico (PEDRAZA, 1987). La totalidad del área de estudio quedaba incluida en el momento de la realización del estudio dentro del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares, entidad que financió los trabajos realizados.



Foto 1. La Pedriza del Manzanares, uno de los macizos montañosos incluidos en el área de estudio

El objetivo global del proyecto fue conocer de manera exacta la presencia de todos los pies de tejo (*Taxus baccata*) en la cabecera del río Manzanares, de cara a facilitar la gestión de sus amenazadas poblaciones en un entorno degradado de carácter mediterráneo. Se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Conocer la distribución real del *Taxus baccata* en la garganta del Alto Manzanares, estableciendo las diferentes metapoblaciones y dividiéndolas por sierras, valles y propiedad de los montes. Censo e inventariado pie a pie de las mismas.
- Establecer el número exacto de ejemplares, minimizando el margen de error de su estima poblacional. Fotografiar y georeferenciar todos los tejos existentes.

- Conocer la dinámica de la población: regenerado, edad media, existencia de ejemplares muertos, tendencias generales detectadas.
- Localizar aquellos ejemplares que por su tamaño, significación cultural o ecológica, o importancia, merezcan un rango de protección especial.
- Obtener las medidas físicas medias de toda la población: perímetro de tronco, altura.
- Características biológicas de una población singular situada en un entorno mediterráneo de características geomorfológicas singulares: corología, edafología, climatología, ecología.
- Aproximación a la problemática de estas poblaciones: parámetros reproductivos, herbivoría, agresiones, efectividad de las medidas de gestión efectuadas.

RESULTADOS

1. Realización de los trabajos. Transectos y toma de datos

Los objetivos abordados por este proyecto imponían un extenso reconocimiento del terreno, que fue programado en función de los extensos conocimientos previos que incluían 10 años de búsquedas, cartografía e información aportada por diversos colaboradores.

Se realizaron un mínimo de 300 transectos recorriendo íntegramente todas las sendas, pistas forestales, cordales, arroyos, fallas y posibles recorridos en tramos no prospectados de un máximo de 50 metros de ancho.

Cada tejo localizado de altura superior a 1,50 metros de alto, considerado adulto, era objeto de la realización de una ficha individualizada. En el caso de tejos cuya situación rupícola o de otro tipo indicase su senectud, también se procedía a la elaboración de la correspondiente ficha. En el caso del regenerado, se tomaban fotografías y se georeferenciaban.

Dichas fichas incluían los siguientes parámetros: denominación de cara a su gestión, zona, toponimia del paraje, aproximación concatenada a los diferentes ejemplares, georeferenciación, altitud, orientación, serie de vegetación otorgada a la zona según los fitosociólogos, circunferencia en la base, sección normal, altura, estado general, incidencia de la herbivoría, otros daños, regeneración y observaciones. Los diferentes parámetros se agrupaban en las secciones de localización, datos físicos, estado y observaciones. Para algunos de estos parámetros se desarrollaron clasificaciones propias que permitiesen agrupar los datos obtenidos.

DENOMINACIÓN:**Gran tejo de la garganta del arroyo Simón de los Chorros (XXVI)****LOCALIZACIÓN****ZONA:** Arroyo Simón de los Chorros**TOPONIMIA:** Garganta del arroyo Simón de los Chorros

APROXIMACIÓN: Situados junto al tejo de la garganta del arroyo Simón de los Chorros XXV, descendemos hacia el río (O) por una abrupta canal cubierta de variada vegetación y orlada por abruptos roquedos. Buscando con intuición las pequeñas oquedades que horadan las peñas y los pasos apropiados, alcanzaremos en unos minutos el árbol. Tejo muy visible desde la vertiente contraria de la garganta.

MARCACIÓN GPS: N 40° 46.616' W 003° 54.978'**ALTURA:** 1.400 m.s.n.m.**ORIENTACIÓN:** Oeste

SERIE DE VEGETACIÓN: *Luzulo forsteri-Quercus pyrenaica* S. Ladera dominada por los melojos y por los brezales que forman parte de sus etapas regresivas. Junto al arroyo persiste el roble de mayor porte entre los que persisten en el Alto Manzanares.

DATOS FÍSICOS

CIRCUNFERENCIA EN LA BASE: 3,44 m. Tronco espectacular, de gran tamaño. De dimensiones similares a las de uno de los tejos declarado singular por la C.M. Gran sistema radicular extendido en todas las direcciones, fijándolo eficazmente en la fuerte pendiente.

SECCIÓN NORMAL: 3,45 m. Fuste recto que soporta una gran rama perpendicular al tronco.**ALTURA:** 7 m. Gran perímetro de copa**ESTADO****ESTADO GENERAL:** Regular

INCIDENCIA DE LA HERBIVORÍA: Nula. En la zona abundan jabalíes (*Sus scrofa*) y cabras montesas (*Capra pyrenaica*).

OTROS DAÑOS: Algunos derivados de su senectud. Ramas secas y algunas partidas, pequeños daños por los vendavales de marzo.

REGENERACIÓN: Un tejo juvenil surge perpendicularmente de un roquedo unos metros ladera abajo.**OBSERVACIONES**

Tejo de desarrollo espectacular, merecedor de una categoría de protección especial.

Figura 1. Ficha tipo de uno de los tejos del Alto Manzanares

2. Censo e inventariado

El trabajo de campo permitió localizar un mínimo de 1.316 tejos (715 adultos y 601 brinzales), suponiendo un incremento del 2102 % sobre las poblaciones conocidas en el área, y descubriéndose ejemplares en numerosos enclaves abruptos y no muestreados.

El contingente poblacional detectado permitió establecer la existencia de una población muy importante a nivel local en el contexto del Sistema Central Oriental, suponiendo un 19,7 % de la población total de la sierra de Guadarrama en un enclave que no supera el 3 % de su superficie. La distribución de la especie en estas montañas sigue siendo objeto de estudio (BLANCO *et al.*, 2013).

SUBPOBLACIÓN	Nº DE TEJOS
Solana de la Pedriza Anterior	24
Hueco de las Hoces	143
Umbría de la Pedriza Anterior	28
El Risco-Cancho de los Muertos	16
Pedriza Posterior-Arroyo de los Pollos	41
Sierra de los Porrones	3
Río Manzanares	147
Cerro Ortigoso	101
Arroyo de los Hoyos	133
Las Losillas	60
Arroyo Chivato-Pista de la Nava	14
Arroyo Simón de los Chorros	312
Arroyo Mata-Sierra del Francés	294

Figura 2. Censo de las diferentes metapoblaciones de tejos en el Alto Manzanares

La población muestreada se mostró joven y pujante como demuestran las medidas medias de sus parámetros físicos. Así su altura media se sitúa en 3 metros, y el perímetro medio de tronco en 62 cm, descendiendo a 37 cm a la altura del pecho.

3. Localizaciones singulares: agrupaciones de tejos, tejos singulares y zonas de fuerte regenerado



Foto 2. Tejo de gran porte en el arroyo Simón de los Chorros

Fueron localizadas 5 agrupaciones de tejos de cierta entidad a nivel local, con poblaciones superiores a los 100 ejemplares e índices de agregación elevados en esta especie, merecedoras de ser denominadas tejedas (CORTÉS *et al.*, 2000) en mezcla íntima con bosques mixtos o en el seno de otras formaciones forestales.

- Tejeda de los Chorros del Manzanares: 42 tejos con fuerte regenerado en una pequeña umbría de la garganta de los Chorros del Manzanares.
- Tejeda del Arroyo Mata: fuerte presencia, superando el centenar de pies y presentando fuerte regenerado. Apretados rodales de hasta una veintena de tejos.
- Tejeda del Arroyo Simón de los Chorros: fuerte presencia, con medio centenar de ejemplares y fuerte regenerado entre los 1.480-1.540 m de altitud.
- Tejeda del Arroyo de los Hoyos: importante representación de la especie en las riberas, con pequeños rodales de varias decenas de pies entre los 1.460-1.520 m de altitud.
- Tejeda del Hueco de las Hoces: tejeda rupícola de 75 tejos adultos y 66 brinzales. Mal estado de conservación debido a la excesiva presión de las cabras montesas.

Fueron detectados 18 grandes tejos merecedores de una protección singular, habiendo sido declarados previamente 3 de ellos “Árbol Singular” por la Comunidad de Madrid (LILLO *et al.*, 1993). Sin embargo, los ejemplares de mayor porte no habían sido citados ni incluidos en ninguna figura especial de protección. El mayor de los tejos inventariados superaba los 6 m de perímetro de tronco.

Se caracterizaban, en general, por presentar mal estado, dada su senectud, creciendo en zonas rocosas de difícil acceso donde habían sobrevivido a siglos de cortas, quemas y sobrepastoreo. Algunos de ellos mostraban aún gran vigor y habían ejercido de “árboles madre” del denso regenerado que prosperaba a su alrededor, aumentando su elevado e intrínseco valor biológico.

También relevante fue la existencia de pequeños doseles densos de tejos de mediano o pequeño porte en pequeñas áreas de decenas de m², dada la escasez de tejedas de espesura completa.

El regenerado de la especie mostró una distribución irregular esperable en esta especie ornitócora y esciófila, medrando en ambientes mediterráneos donde las perturbaciones antrópicas han alterado sus patrones de distribución.

Se detectaron importantes áreas de regenerado en arroyos, bosques densos y roquedos, siendo fundamental

la facilitación de brezales y zarzales sobre los jóvenes brinzales de la especie (ABELLA, 2009).

La singular geomorfología de la zona, con extensos roquedos, permite la existencia de numerosos micrositos umbríos en los riscos graníticos que favorecen la regeneración en estos entornos mediterráneos.

Localmente adquirió gran importancia en la regeneración la hidrocoria, en el caso de angostas gargantas graníticas con grandes tejos, cuya copa quedaba diseminada hacia la corriente y creaba fuertes bancos de regeneración en las terrazas fluviales que se situaban aguas abajo de los cantiles rocosos que aprisionaban el arroyo en las áreas fuente.

4. Características ecológicas de la población

Las poblaciones inventariadas mostraron una gran singularidad a nivel local, dadas sus características físicas y ecológicas.

Un porcentaje elevado de la población mostraba carácter rupícola, asentándose en grandes berrocales graníticos de gran interés paisajístico y cultural, que aumentaban el carácter emblemático de estos rodales de tejos.

Se sitúan en una zona de gran influencia mediterránea orientada a mediodía, en el tramo central y más continental de la sierra de Guadarrama, en principio poco propicio para la generalización de la especie, que parece asociada a una inusual profusión del roquedo. La existencia de medios especialmente favorables como diaclasas profundas, pies de cantiles y cursos de agua de cierta entidad permiten su generalización en áreas bajas climáticamente desfavorables.

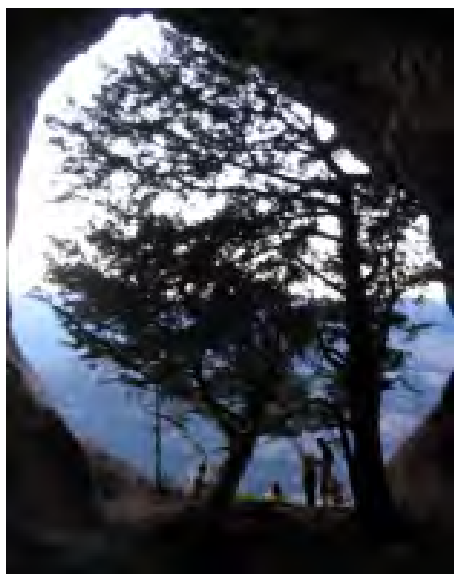


Foto 3. Tejos en la cueva granítica de mayor desarrollo de la Comunidad de Madrid, la Cueva de la Mora (Pedriza del Manzanares)

El rango altitudinal detectado es superior al de otras manifestaciones guadarramenses, entre los 945-1.885 m.s.n.m. Puntualmente consiguen descender por debajo de la isohipsa de los 1.000 m.s.n.m. a través de grandes cursos de agua como el propio río Manzanares, y en otros enclaves de la sierra hemos detectado su presencia a 2.070 m.s.n.m. (Siete Picos). La altitud media es de 1.471 m.s.n.m. con índices de máxima abundancia situados entre los 1.400-1.600 m.s.n.m., ligeramente inferiores a los de otras especies atlánticas como los abedules.

Sorprendentemente la orientación generalizada de las poblaciones es a solana, al socaire de la mayor abundancia de los roquedos y medios abruptos en dichas laderas. La importancia de estos medios rupícolas ha sido exagerada por la existencia continuada de perturbaciones antrópicas (fuego, cortas y sobrepastoreo) que han potenciado su carácter de áreas de refugio. Sin embargo, se detecta una importante presencia (38,4 %) en las umbrías, cuya representación superficial en el Alto Manzanares es limitada.

Los tejos aparecen mayoritariamente en el piso suprasubmediterráneo, en zonas dominadas potencialmente por melojares (*Luzulo forsteri-Quercus pyrenaicae* S.) o pinares de silvestre (*Avenello ibericae-Pino ibericae* S., *Pteridio aquilinae-Pino ibericae* S.), aunque también aparecen en encinares (*Junipero oxycedri-Quercus rotundifoliae* S.), abedulares (*Melico uniflorae-Betulo celtibericae* S.) y saucedas arbustivas (*Rubus corylifolii-Salicetum atrocinerea* S.) entre otras series de vegetación. La degradación secular de la vegetación de estas montañas ha potenciado la presencia de las etapas de degradación de estas formaciones, dominadas por cistáceas y ericáceas, así como la repoblación posterior con pinos autóctonos y alóctonos en grandes extensiones antiguamente ocupadas por el bosque. Los tejos son especialmente frecuentes en zonas medias, rocosas y potencialmente en los bosques más frescos, patrón que se traduce en un 52 % de los ejemplares emplazados en brezales de *Erica arborea* (*Erica arborea-Arctostaphyllum crassifoliae*).

Su presencia es significativa en grandes callejones graníticos, gargantas y cabeceras de arroyos afectados por sombra orográfica, donde comparten biotopo con bosquetes atlánticos (abedulares, tembledas, acebedas) o agrupaciones de bosque caducifolio mixto (acebal-fresneda, bosques mixtos con fuerte presencia de *Sorbus intermedia*).

Es llamativa su presencia minoritaria pero destacada en formaciones termófilas como encinares con alcornoque (con presencia de *Pistacia terebinthus*, *Arbutus unedo*, *Phyllirea angustifolia*, *Ruscus aculeatus*). Sorprendentemente, un 1,11 % de los ejemplares medra en jarales de *Cistus ladanifer*, en un medio inusualmente árido para la especie.

5. Problemática

Estas poblaciones de tejos parecen haber sufrido un declive generalizado en las montañas del Alto Manzanares, debido a la explotación antrópica, que provocó la degradación generalizada de los bosques del área hasta mediados-finales del siglo XX (SAAVEDRA, 2011), una corriente generalizada en numerosos puntos de la Península Ibérica (CHARCO *et al.*, 2002). El abandono del medio rural, de la ganadería, del carboneo, el cambio de mentalidad y la creación de espacios protegidos permitió un proceso de regeneración en las últimas décadas, que ha sido truncado por la sobrepoblación actual de cabra montés.

Se ha detectado una fuerte degradación por un exceso de herbivoría, ocasionada por una sobrepoblación (> 4.000 individuos) de la reintroducida cabra montés (*Capra pyrenaica victoriae*). Tan solo el 11,7 % de los pies inventariados no se encuentran ramoneados y/o escodados. El 29,4 % sufre un elevado riesgo de desaparición a corto plazo. La incidencia actual de la herbivoría es incompatible con una dinámica poblacional positiva de la especie, seleccionada favorablemente por estos bóvidos, a pesar de su carácter tóxico. Desde el año 1989 en el que fueron reintroducidas, se anota una degradación creciente que ha supuesto un colapso generalizado del regenerado y un alto riesgo de extinción a corto plazo de algunas metapoblaciones, así como una dinámica poblacional hacia un bosque fósil.

Otros daños reseñables han sido provocados por trabajos forestales mal ejecutados, hiedras en los grandes tejos del arroyo Simón de los Chorros, perturbaciones naturales y actividades de uso público.

6. Medidas de gestión propuestas

El censo e inventariado de estas valiosas poblaciones de tejos rupícolas y mediterráneas ha posibilitado un profundo conocimiento acerca de su dinámica poblacional y de su problemática, de la que se concluyen las siguientes medidas de gestión de una población que necesita la intervención humana para evitar su progresiva degradación:

Control de la población de cabra montés (*Capra pyrenaica victoriae*) acorde con la capacidad de carga conjunta de estas tejedas ante la suma de los herbívoros existentes. Actualmente se ha iniciado a través de jaulas de captura y caza directa con arco en los terrenos de los parques nacional y regional, habiéndose anunciado la extracción de 1.500 ejemplares en 5 años. Sin embargo, las altas tasas de herbivoría son aún inasumibles para un correcto desarrollo de la población. El control natural de estas grandes poblaciones mediante enfermedades y depredadores (*Canis lupus signatus*, *Aquila chrysaetos*) no parecen efectivas a corto plazo. Actualmente, su densidad sigue afectando gravemente el estado de esta población de

tejos. Iniciativas particulares como el vallado de algunos rodales de tejos frente a la herbivoría han resultado muy efectivos.

Gestión activa mediante el seguimiento y la protección efectiva de los tejos singulares, de las zonas de regeneración y de los rodales existentes. Control del uso público creciente en torno a estos tejos, que amenaza algunos enclaves singulares. Uso de la georeferenciación de estas poblaciones en los trabajos forestales, que eviten áreas muy sensibles para la especie.

Obtención de planta de calidad de estas poblaciones de tejos en los viveros oficiales del parque regional y del parque nacional, para su refuerzo poblacional en las áreas más favorables y/o en riesgo de desaparición. Reproducción vegetativa de los tejos singulares. Obtención de la semilla de calidad para su inclusión en bancos de germoplasma.

Sensibilización acerca de la problemática de la especie a nivel local, dirigida a los colectivos implicados: senderistas, montañeros, cazadores, bañistas, escolares, visitantes y gestores. Campañas de educación ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

ABELLA, I. (2009). *La cultura del tejo, esplendor y decadencia de un patrimonio vital*. Ed. Urueña S. L.

BLANCO CASTRO, E., CASANOVA JIMENO, E., DURÁN GÓMEZ, J. A., FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, P., GILA MARAZUELA, J., MARTÍN GIL, T., MATARRANZ FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, D., VASCO ENCUESTRA, F. (2013). *Árboles raros, escasos o amenazados de Segovia. Tejos y otras especies de interés segovianas. Conocerlos mejor para conservar*. Ed. Caja Segovia, obra social y cultural.

CHARCO, J. (2002). *La regeneración natural del bosque mediterráneo en la Península Ibérica. Evaluación de problemas y propuesta de soluciones*. Ed. ARBA y Ministerio de Medio Ambiente

CORTÉS, S., VASCO, F., BLANCO, E. (2000). *El Libro del Tejo, un proyecto para su conservación*. ARBA.

LÓPEZ LILLO, A., CANTERO DESMARTINES, F. J. (1993). *Árboles singulares de Madrid*. Ed. Comunidad de Madrid.

REINERIO BARAGAÑO, J., GARCÍA DE VIEDMA E HITOS, M., LLAMAS MADURGA, M. R., MONTURIOL RODRÍGUEZ, F., DE NICOLÁS SEVILLANO, J. P., NOTARIO GÓMEZ, A., DE PEDRAZA GILSANZ, J., RAMOS FERNÁNDEZ, A., RIVAS MARTÍNEZ, S., VALENZUELA RUBIO,

M. (1987). *La naturaleza de Madrid*. Ed. Comunidad de Madrid, Consejería de Agricultura y Ganadería.

REVILLA ONRUBIA, A., BLANCO CASTRO, E., DOMÍNGUEZ LOZANO, F., SIMÓN ZARZOSO, J. C., SACRISTÁN SOLETTI, M., SOTO CAVA, M. A., GARCÍA GÓMEZ, S., CORTÉS GONZÁLEZ, S. (1998). *Flora protegida en la comunidad de Madrid*. Ed. ARBA

SAAVEDRA, J. J. (2011). *Historia y secretos, Manzanares el real y la Pedriza*. Ed. Creaciones Vincent Gabrielle.

SAN MIGUEL AYÁN, A., ROIG GÓMEZ, S., ALZUETA LUSARRETA, C., CAÑEQUE MARTÍNEZ, V., ORTUÑO PÉREZ, S., CAÑELLAS REY DE VIÑAS, I., MALO ARRÁZOLA, J., MARTÍNEZ MARTÍNEZ, T., RODRÍGUEZ ROJO, M. P., MONLEÓN GARCÍA, J. L., SÁNCHEZ MATA, D., BARBEITO SÁNCHEZ, I., GEA IZQUIERDO, G., ÁLVAREZ ACERO, I., MARTÍNEZ JAUREGUI, M., MÚÑOZ IGUALADA, J. (2009). *Los pastos de la comunidad de Madrid*. Tipología, cartografía y evaluación. Ed. Consejería de medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio.

Distribución y tamaño poblacional del tejo (*Taxus baccata* L.) en el municipio de Ayala (Álava), norte de España

ENRIQUE ARBERAS MENDIBIL¹, INÉS LATORRE GARCÍA²

¹ B° Sologuren, 7 Agiñaga (Ayala), Álava/Araba, 01479. earberas@yahoo.es

² C/Juan de Antxeta, 6, Bilbao, Bizkaia, 48015, ines_latgar@yahoo.com

RESUMEN

Se exponen los resultados sobre la distribución y tamaño de las poblaciones de tejo (*Taxus baccata* L.) en el municipio de Ayala (Álava), obtenidos, en gran medida, gracias a la participación de numerosos habitantes del municipio, de fuerte arraigo rural. Asimismo, se aporta información complementaria sobre usos y tradiciones y toponimia. Finalmente, se proponen algunas medidas de gestión, basadas en la conservación participativa y tendientes a preservar los ejemplares de tejo que quedan y a tratar de favorecer la regeneración, e incluso en determinadas zonas, a aumentar el número de efectivos.

Se han estudiado un total de 241 tejos, de los cuales 120 se han localizado en las áreas de valle (200 m - 800 m) y el resto en el altiplano de Sierra Salvada (900 m - 1000 m), que delimita el área de estudio por el sur. La estructura poblacional es primordialmente aislada con presencia únicamente de dos bosquetes de reducida extensión (de 1 ha y 0,67 ha, respectivamente) y que representan el 57,3% de la población de tejos del municipio.

Respecto a las dimensiones de los ejemplares, del conjunto de pies (n = 241), 119 (54%) presentan 2 o más metros de altura, (media de 5,02 m). En cuanto al perímetro basal, la media obtenida para los tejos de más de 2 m de altura es de 0,62 m, oscilando desde los 0,07 m hasta los 4,58 m. En los dos únicos bosquetes se han contabilizado un total de 138 pies (71 y 67 respectivamente, 94 de ellos menores de 2 m de altura).

PALABRAS CLAVE

Municipio de Ayala, Sierra Salvada, tejo

ABSTRACT

Results on the distribution, size and structure of yew (*Taxus baccata* L.) populations in the council of Ayala, province of Álava (Northern Spain), are shown. These were obtained largely through the participation

of many people in the region, who have strong rural roots. Furthermore, additional information collected on traditions, customs and toponymy is summarized. Finally, based on the main threats identified, some management measures are proposed. Such measures, based on participatory conservation, are aimed at preserving existing yew specimens, as well as regenerating and expanding its numbers.

We studied a total of 241 trees, 120 of which were located in the valley area (200-800 m) and the rest in the highlands of Sierra Salvada (900-1100 m). This mountain range sets the limits of the study area to the south. The population structure is primarily isolated and there are only two woods of small size (1 and 0.67 ha), where they have posted 71 and 67 specimens, respectively, 94 of them less than 2 m high.

Regarding the dimensions of the specimens analyzed, a total of 241 trunks, 119 of them (54% of the total) are equal or over 2 metres high (5.02 m on average). As for the basal circumference, the average obtained for the yews over 2m high is 0.62 m, ranging from 0.07 to 4.58 m.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, se conocía de la existencia de tejos en el municipio, sobre todo, la de algunos localizados en el altiplano de Sierra Salvada debido a sus considerables portes y su impacto visual. De hecho, en el libro “*Árboles Singulares de Euskadi*” (ASENSIO *et al*, 1990) se incluye a uno de estos ejemplares de la citada sierra por tener una “gran cobertura y un elevado perímetro”.

Sin embargo, en posteriores estudios (CORTÉS *et al*., 2000, URIBE ECHEBARRÍA *et al* 2006) no aparece citado en toda la comarca donde se localiza el municipio de Ayala, conocida como Cantábrica Alavesa.

Más recientemente, en el “Inventario de árboles singulares del Territorio Histórico de Álava” (2012) financiado por el Servicio de Medio Ambiente y Biodiversidad de la Diputación Foral de Álava aparecen catalogados un total de 6 tejos en el municipio de Ayala,

todos ellos en el entorno del cordal montañoso de Sierra Salvada (uno en la ladera norte y el resto en el altiplano). Asimismo, en la página web “geoEuskadi.net” del Gobierno Vasco, dentro de la cartografía de la Flora Vascular Amenazada de la Comunidad Autónoma del País Vasco, según cuadrículas UTM de 1 km x 1 km (base actualizada en 2012), el tejo es citado en el área de estudio solamente en una cuadrícula.

Como se desprende de la información obtenida, los datos sobre el tejo en el municipio de Ayala eran muy parciales, a pesar de ser el tejo una especie protegida. En la provincia de Álava, de acuerdo con el Decreto Foral 1674/1988 de 11 de octubre de 1988, se especifica, respecto al tejo, que queda prohibida su corta, desenraizamiento o comercialización. Asimismo, en la Comunidad Autónoma del País Vasco, el tejo se incluye en la categoría “de interés especial” del Catálogo Vasco de Especies Amenazadas de la Flora y Fauna, Silvestre y Marina, que agrupa especies vegetales, que no siendo raras, atesoran una gran importancia científica y cultural.

Con estos antecedentes y a raíz de la existencia en el municipio de Ayala de un pueblo denominado Agiñaga, que en euskara significa “el lugar del tejo”, en el año 2008 se inició el análisis demográfico del tejo (*Taxus baccata* L.) en el ámbito de dicho municipio. Para ello, y como principal novedad, se contó con la participación de numerosos habitantes de Ayala, localidad de fuerte arraigo rural. A pesar de resultar un árbol escaso, la población en general conoce muy bien las características del tejo. La georeferenciación y medición de la totalidad de los pies localizados se ha llevado a cabo por los autores de este estudio entre enero y marzo del año 2014.

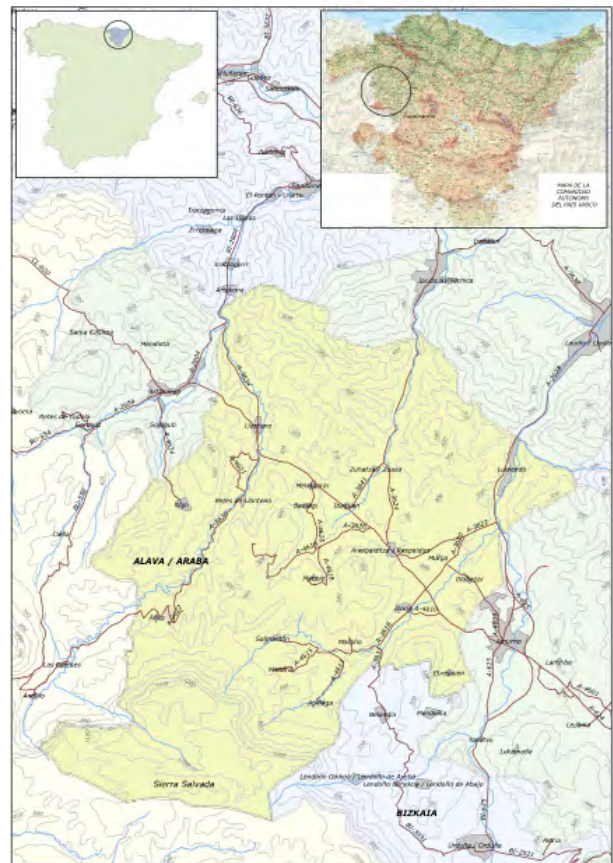
El conocimiento obtenido de la distribución y características de las poblaciones del tejo en Ayala ha resultado ser de gran interés por los siguientes motivos:

1. La información sobre la distribución del tejo se ha ampliado considerablemente: ha pasado de estar presente, según datos del Gobierno Vasco de 2011, en una cuadrícula de 1x1 km, a ser citada en 27. Asimismo, se han conseguido datos de distribución complementarios de todos los municipios colindantes.
2. La distribución observada del tejo es primordialmente de pies aislados, con únicamente dos masas configuradas en forma de bosque, que, no obstante, concentran el 57,3% de la población.
3. Los principales emplazamientos en los que se ha detectado presencia de tejo son áreas de pastoreo intenso, pudiendo observar un grado de regeneración natural en tales circunstancias prácticamente inexistente. Por el contrario, el comportamiento en las masas cercadas y protegidas de la presencia del ganado es de importante progresión.
4. Los tejos existentes en el cordal montañoso de Sierra Salvada, se incluyen en la ZEPA -“ES0000244” Mendilerroa / Sierra Salvada- con una extensión de 3.883,7 ha ubicada en los municipios de Orduña, Amurrio y Ayala y cuyo plan de gestión está en fase de redacción, por lo que este estudio puede ser una buena herramienta para incluir aspectos de conservación de la especie en la configuración definitiva de dicho plan.
5. El estudio ha servido, a su vez, para recoger información sobre toponimia, usos y tradiciones relacionadas con el tejo.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende el municipio de Ayala, que ocupa una extensión de 141,1 km² y se ubica en la denominada comarca Cantábrica Alavesa, al noroeste de la provincia de Álava.

El municipio de Ayala se localiza, mayoritariamente, al norte de la divisoria de aguas cantábrica-mediterránea, y está formada por tres valles contiguos que se corresponden con las cabeceras de los ríos Izoria, Izalde e Ibaizabal o Herrerías, que discurren principalmente en dirección sur-norte. El cordal montañoso de Sierra Salvada, que cierra el municipio por el sur y que se ubica en la divisoria cántabro-mediterránea, se distingue por su escarpada



Plano 1. Mapa de localización del municipio de Ayala

cara norte en la que destacan de este a oeste los picos de Iturrigorri (1073 m), Ungino (1099 m) y Eskutxi (1178 m) y sus planicies que descienden hacia el límite meridional. Las áreas más bajas del municipio, por el contrario, se encuentran a unos 200 metros de altitud en el extremo noroeste.

Las unidades de vegetación presentes en el municipio de Ayala están claramente definidas y delimitadas por la litología y suelos existentes, así como por el manejo humano. La mitad sur de materiales calcáreos, con suelos poco profundos, bien drenados, mantiene formaciones vegetales autóctonas en diferente grado de madurez: quejigales atlánticos y hayedos calcícolas en las zonas más elevadas, con las unidades vegetales de su serie de sustitución: espinares con abundantes rosáceas, prebrezales margosos con *Erica vagans* y *Genista occidentalis*, pastos mesófilos y prados de siega y diente que mantienen una importante cabaña ganadera. Respecto a las planicies de la Sierra Salvada, a una altura media de 1.000 metros, están ocupadas por grandes superficies de pastos y brezales de *Erica vagans* con algunos bosquetes de hayedo calcícola. La ladera norte de Sierra Salvada está ocupada por pastos, hayedos calcícolas y algunos bosquetes de quejigo. En el tercio norte del municipio, de materiales silíceos, con suelos arcillosos, profundos y peor drenados, quedan algunos retazos del robledal de *Quercus robur*, aunque el territorio ha sido mayoritariamente transformado en plantaciones forestales de crecimiento rápido, principalmente *Pinus radiata* y, en menor medida, *Eucalyptus* sp. Están también presentes los brezales-argomales-helechales, de la serie del robledal acidófilo, así como prados de siega y diente en el fondo del valle.



Foto 1. Zona de valle dominada por prados de siega con el monte Eskoritas en la parte derecha superior, cubierto principalmente de masas boscosas de quejigo. Dentro del círculo se distingue uno de los ejemplares de tejo más norteño del municipio que se encuentra aislado y que, con una altura de 14,3 m, es el más alto de los pies del municipio de Ayala.

La climatología de Ayala está claramente influenciada por la corta distancia que separa este territorio de la costa cantábrica. Por eso, el clima dominante es el atlántico, con veranos suaves e inviernos húmedos, si bien, en

la zona sur se nota una cierta continentalidad, que provoca un corto periodo de sequía estival. Por otro lado, los condicionantes topográficos son también determinantes, así por ejemplo, la Sierra Salvada se convierte en una barrera física importante que provoca que las temperaturas medias sean más bajas y las precipitaciones más altas que en el valle. En general, mientras que en el valle la precipitación media anual ronda los 1100 l/m², en el altiplano de la mencionada sierra se registran unos 300 l/m² más al año.

METODOLOGÍA

Para la recogida de datos, se diseñó una ficha en la que se anota, básicamente, la siguiente información:

- fecha
- localización geográfica en coordenadas UTM
- topónimo del lugar
- principales características del pie (altura total, diámetro de la copa, perímetro basal a 1,30 m, presencia de retoños, de otros ejemplares de tejo en la zona...). Además de esto, se describía el estado de conservación y se recogían otras cuestiones como eran el interés cultural, patrimonial, histórico...
- fotografías

Estas fichas se repartieron entre algunos vecinos y vecinas del municipio, así como entre varios voluntarios y la guardería de la Diputación Foral de Álava y de la Delegación de Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León en Burgos.

Por último, se realizaron entrevistas entre habitantes de Ayala de mayor edad o con una actividad relacionada con el medio, tales como pastores, ganaderos, etc. En estas entrevistas se trataba de recopilar viejas historias, tradiciones o costumbres relacionadas con el árbol o de conocer posibles usos de su madera e, incluso, si recordaban la ubicación de algún viejo tejo desaparecido.

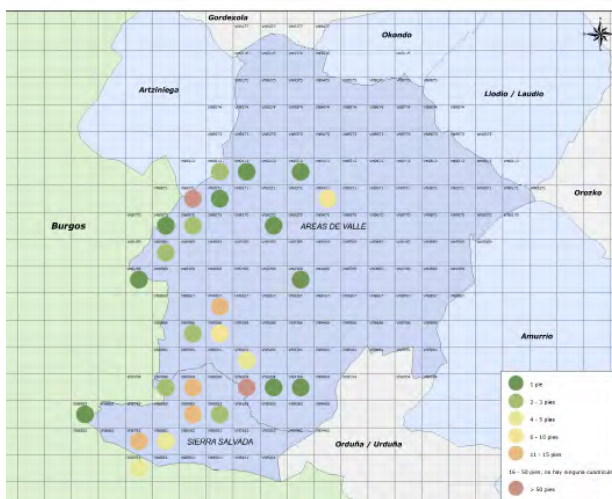
Una vez recabada toda la información en relación con la distribución de tejos por el municipio, durante los tres primeros meses del año 2014, se visitaron la totalidad de los ejemplares conocidos con el fin de tomar nota de los parámetros establecidos.

Posteriormente, la información se analizó estadísticamente con el programa Excel y se incluyó en un Sistema de Información Geográfica.

RESULTADOS

Distribución y censo

Los 241 tejos silvestres se encuentran fundamentalmente en la mitad suroccidental del territorio, encontrándose



Plano 2. Mapa de distribución y densidades del tejo (*Taxus baccata* L.) en cuadrículas 1 x 1 km del municipio de Ayala

ejemplares desde los 280 m hasta los 1107 m de altitud.

En las zonas norte y este del municipio no se tiene constancia de la presencia de tejos, debido seguramente, a la pérdida de las masas boscosas autóctonas en favor de los pinares de plantación de *Pinus radiata* que dominan en la actualidad prácticamente la totalidad de los montes.

De la totalidad de tejos censados, 120 pies se han localizado en las áreas de valle y el resto en el altiplano de Sierra Salvada. De todos los ejemplares distribuidos

en las zonas de valle, 71 ejemplares se concentran en una única zona de 1 ha de extensión. Mientras que el resto, 49 pies, se presentan de manera aislada. No obstante, en ocho cuadrículas aparecen más de un ejemplar relativamente cercanos entre sí. En cuanto a los tejos localizados en la Sierra Salvada, un total de 121 pies se disponen como ejemplares aislados pero concentrados en áreas determinadas. La excepción a esta configuración la presentan los 65 tejos que se ubican en un cercado de repoblación de una extensión de 0,67 ha.

Estructura poblacional

Del total de tejos cartografiados ($n=241$), 125 tejos (52%) tienen una altura igual o superior a 2 m, mientras que el resto, 116 pies (48%), no alcanza los 2 m de altura. En global, se ha obtenido una altura media para los tejos ayaleses de 3,05 m, con un rango entre 0,1 m y 14,3 m. Si únicamente tomamos en consideración los tejos que superan 2 m de altura, la media resultante es de 5,08 m.

En un análisis por separado de los tejos de las áreas bajas y de los ubicados en la Sierra Salvada, los resultados que se obtienen se recogen en la tabla siguiente:

Áreas de valle

120 tejos censados

82 pies ≥ 2 m de altura

38 pies ≤ 2 m de altura

Rango: 0,3 / 14,3 m.

Altura media general: 3,13 m

Altura media pies ≥ 2 m: 5,01 m

Sierra Salvada

121 tejos censados

43 pies ≥ 2 m de altura

78 pies ≤ 2 m de altura

Rango: 0,1 / 11,6 m.

Altura media general: 2,96 m

Altura media pies ≥ 2 m: 5,14 m

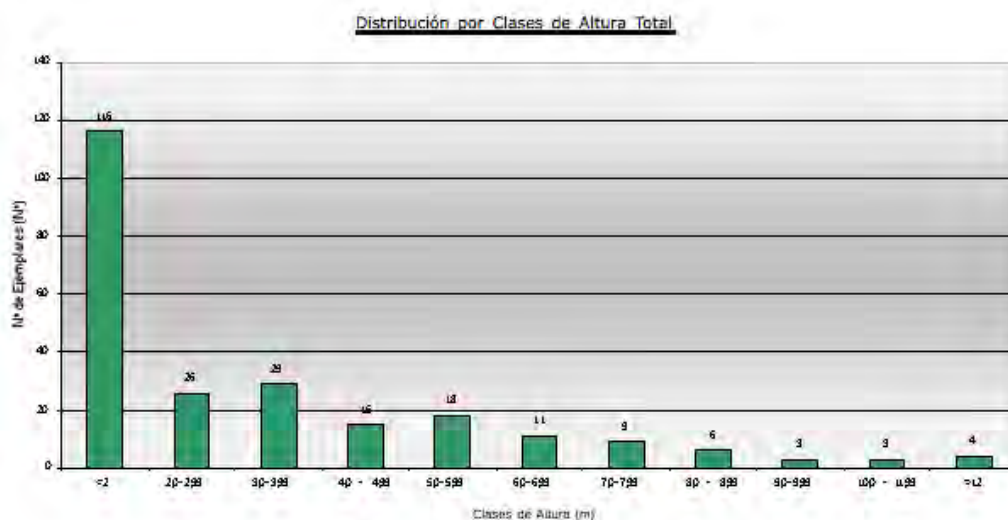


Gráfico 1. Estructura poblacional de los tejos del municipio de Ayala según clases de altura total

Respecto a la estructura poblacional obtenida a partir del perímetro medido en la base del tronco, se han obtenido datos de un total de 222 pies (las causas de la falta de datos se ha debido principalmente a dos razones: la primera, la existencia de pies más o menos rastreros y sin una guía clara; y la segunda, la imposibilidad de acceder al tronco por la densa matorralización circundante). La media global obtenida ha sido de 0,59 m, resultando tener el más grueso 4,58 m.

Para estos parámetros, la tabla de datos comparativa es la siguiente:

Áreas de valle	Sierra Salvada
118 tejos censados	104 tejos censados
Perímetro medio: 0,38 m.	Perímetro medio: 0,80 m.
Perímetro máximo: 2,80 m	Perímetro máximo: 4,58 m

En este caso, la diferencia media de los perímetros estudiados es notablemente más significativa. Mientras que en el valle ya se ha comentado que el tejo más grueso tiene 2,8 m, en la Sierra Salvada se han observado un total de 8 ejemplares que superan dicha dimensión.

Finalmente, en cuanto a la capacidad de reclutamiento, es decir, la capacidad de regeneración que tienen los tejos ayaleses, únicamente se han detectado plántulas o retoños en 11 pies, lo que supone un escaso 4,6 % del total. Si se consideran solamente los ejemplares de más de 20 cm de perímetro basal y de más de 2 m de altura, que suman un total de 109 ejemplares (69 en el valle y 40 en la Sierra Salvada), el porcentaje de tejos con retoños asciende hasta el 10,1%. Sobre este dato se debe tener en cuenta que el

estudio no ha realizado una pormenorización por sexos de los pies estudiados, por lo que, si se tuviera en cuenta el índice de regeneración solo sobre las plantas femeninas, el porcentaje efectivo se duplicaría. Asimismo, se considera otro factor distorsionante la propia época del muestreo por el impacto de la ganadería (pisoteo y/o consumo de pequeños pies). De los pies con regeneración observada, 7 se localizan en zona de valle y 4 en el altiplano de Sierra Salvada.

En cualquier caso, se ha detectado una gran dificultad para lograr la regeneración natural de la especie, problema igualmente común en la mayoría de áreas con presencia de tejos en la Península Ibérica.

En contraposición a estos resultados, la presencia y composición de dos bosquetes con una fuerte concentración de tejos jóvenes supone un dato revelador del potencial regenerativo de la especie en ausencia o limitación del acceso del ganado. Estos dos bosquetes se emplazan, además, en lugares bien distintos. El primero, en el paraje de San Vicente, pueblo de Sojo, que mantiene una población de 71 pies en escasamente 1 ha de extensión, con 35 ejemplares por debajo de 2 m de altura. El segundo se ubica en el cercado conocido como de Campoverde, con 0,7 ha de superficie y ya en el altiplano de Sierra Salvada. Este cercado se realizó a finales de la década de 1990 y mantiene en su interior 65 tejos, 59 de ellos con alturas inferiores a 2 m.

Comunidades vegetales

Del total de ejemplares de tejo del municipio, 149 pies (61,8%) se ubican en masas boscosas y el resto, fundamentalmente, en prados y pastos y matorrales.

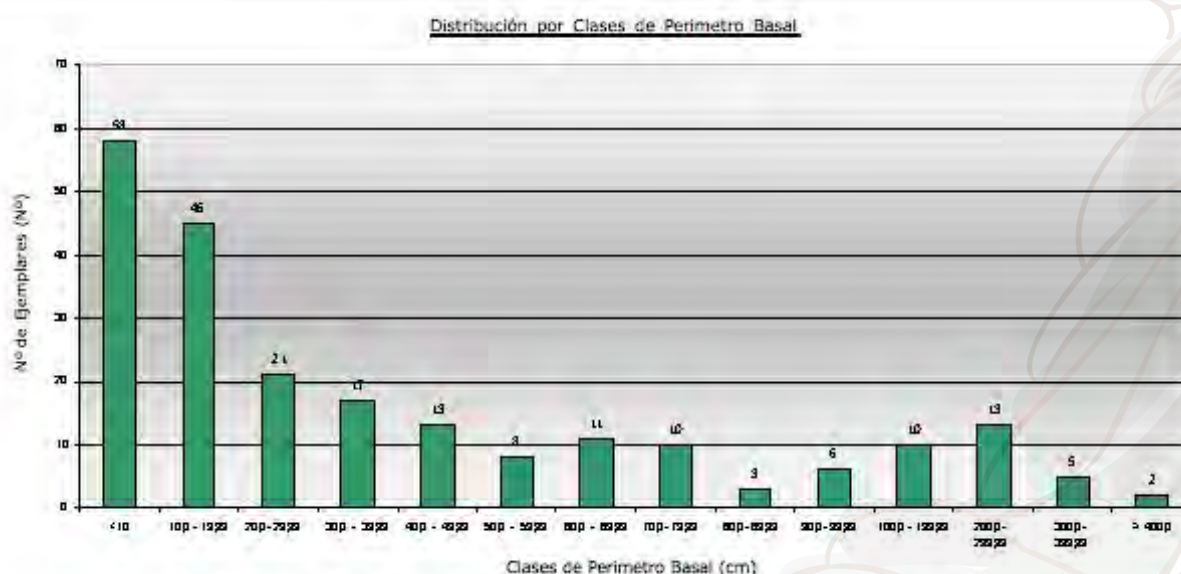


Gráfico 2. Estructura poblacional de los tejos del municipio de Ayala según clases de perímetro basal

En relación con los tejos localizados en los territorios del valle ($n=120$) la mayoría, un total de 85 pies (70,8%), aparecen vinculados a los bosques de quejigal atlántico, propios de la comarca Cantábrica Alavesa. Otros 12 ejemplares (10,0%) viven asociados también al quejigal atlántico pero formando asociaciones boscosas mixtas con el pino albar (*Pinus sylvestris*). Otros dos tejos más viven exclusivamente en el interior de masas monoespecíficas de pino albar. Formando parte también de otros tipos de bosques autóctonos, se contabilizan 11 pies adicionales (9,2%), entre los que destacan 4 ejemplares asociados a hayedo. Los 10 tejos restantes se distribuyen, cuatro en prados de siega atlánticos y seis en ambientes más antropizados, como es el caso de los que se localizan en el entorno del barrio de San Pedro en Menagarai-Beotegi.

En cuanto a la población de tejos del altiplano de la Sierra Salvada, un total de 82 pies (67,7%) se encuentran en zonas dominadas por pastos y matorral, mientras que el resto (32,3%) se distribuyen por algunos de los hayedos isla que parecen diseminados por el altiplano. En concreto, de la totalidad de los tejos asociados a pastos y matorral ($n=82$), 44 pies (el 53,7%) se distribuyen en áreas con predominio de los brezales de *Erica vagans*. Otros 22 ejemplares (26,8%) se localizan en terrenos asociados a pastos petranos y praderas montanas y el resto, un total de 16 tejos (19,5%), la mayoría ubicados en el área más meridional de la Sierra, que crecen solitarios en zonas bastante densas de matorral, dominados por el espinarzarzal y, en general, cercanos a la orla forestal de los bosquetes isla de hayedo.



Foto 2. Tejo ubicado en la planicie de Sierra Salvada (con el Pico Ungino al fondo) (E. Arberas)

Geología

La totalidad de los tejos ($n=241$) se ubican sobre litologías calcáreas (calizas, calcarenitas, margas y margocalizas), no detectándose ningún ejemplar sobre areniscas y lutitas, que son las litologías de la zona norte del municipio, lo que denota una preferencia de la especie por las litologías básicas.

Orientación

No se ha visto una correlación significativa. Como se puede ver en la tabla 1, los tejos del municipio de Ayala aparentan ser indiferentes a la orientación, contabilizándose ejemplares en todas las orientaciones posibles.

Orientación	Nº de Tejos	%
N	22	9,1
NE	9	3,7
E	35	14,5
SE	42	17,4
S	9	3,7
SO	82	34,0
O	22	9,1
NO	20	8,3
Llano	-	-
TOTAL	241	100

Tabla 1.-Relación de tejos según la orientación

Tradiciones y usos

A pesar de la escasa población y dispersión de los ejemplares de tejo, hay que reseñar que los habitantes del municipio de Ayala saben reconocer con facilidad el árbol y conocen perfectamente las propiedades de su madera (las que tienen que ver, sobre todo, con su dureza) y la localización de alguno de los tejos presentes en el municipio. Finalmente, también es reseñable el cariño muy especial que sienten por este árbol, como lo atestigua, por ejemplo, que muchos de los caseríos cercanos a zonas con presencia de tejos tienen ejemplares transplantados.

Con respecto a las tradiciones, se han rescatado dos testimonios que, curiosamente, tienen que ver con uno de los dos únicos tejos que sobreviven en Agiñaga y, que hacen referencia al uso de las ramas de dicho tejo como ornamento habitual de la imagen de un santo e iglesia del pueblo de Maroño. En el pueblo de Costera, por otro lado, se ha detectado, la utilización del tejo como árbol auxiliar en la delimitación de fincas, mediante la plantación de un ejemplar joven al lado del mojón.

En cuanto a los usos, se han detectado escasas evidencias. Consta su uso para realizar los palillos y las zarras de antiguos carros de bueyes, y, sobre todo, destaca una máquina sembradora de maíz cuyo eje al completo se elaboró con madera de tejo. Por otra parte, se ha empleado en construcción, para vigas de cubierta, así como para estacas. Otro uso destacado es como árbol ornamental, vinculado tanto a lugares públicos como privados.



Foto 3. Esteban Terreros, de 84 años de edad, muestra tres de las zarra de madera de tejo cortadas hace unos 40 años y que siguen utilizando en la actualidad para el transporte de la hierba seca (E. Arberas)

Toponimia

Únicamente, se han rastreado los topónimos que derivan de la palabra “tejo”, “tejeda” o “tejera” en castellano y con la raíz “hagin” en euskara (que significa tejo). Con respecto al topónimo “tejera”, aunque es común en toda la comarca Cantábrica Alavesa (se han contabilizado, al menos, 20 localizaciones), hay que aclarar que creemos que hacen referencia a los lugares donde se fabricaban tejas (no se ha investigado en su totalidad).

Dentro del municipio de Ayala se han recopilado cuatro topónimos, dos de los cuales siguen utilizándose por los lugareños en la actualidad y otros dos son históricos: Agiñaga (pueblo), que se compone de hagin “tejo” y el sufijo locativo -aga, sufijo toponímico, lo cual quiere decir que significa “el lugar del tejo”; Cumbre de los tejos, localizado en el altiplano de Sierra Salvada; Tejo (ubicado en la Sierra Salvada y que se recoge en el libro de actas de mojones del Instituto Geográfico y Catastral. Trabajos topográficos de la Diputación de Burgos. 27 de octubre de 1978) y de nuevo Tejo (heredad ubicada en el pueblo de Izoria).

Además, en el resto de municipios colindantes se han encontrado los siguientes topónimos: Los tejos (con más de 300 pies censados en dicho paraje) en el monte Zaballa, sito en el municipio alavés de Artziniega;

Agindasolo en el municipio alavés de Okondo; Aginandi, Aginandikozearra, Aginadipeko y Agintxikerra en el macizo de Gorbeia, dentro del municipio vizcaíno de Orozko; Agiñaga (heredad); Agiñiga (nombre de caserío) y Aginamendi en el municipio alavés de Amurrio; y Sima del tejo en el municipio burgalés del Valle de Losa.

DISCUSIÓN

Aunque el área de estudio únicamente comprende el municipio de Ayala, se ha realizado un esfuerzo de campo relevante con el fin de conocer la existencia de tejos también en los municipios limítrofes. Del análisis global de distribución se puede ver como el pasillo lineal formado por el valle del río Nervión, orientado de norte a sur, supone una clara barrera en la distribución del tejo. De esta manera, la población de tejos presente en el municipio de Ayala se constituye como el límite oriental de las localizadas en el norte de la provincia de Burgos. Al otro lado del río Nervión, las poblaciones localizadas se constituyen en el límite occidental de las masas alavesas, marcado fundamentalmente por el macizo montañoso de Gorbeia y estribaciones de la Sierra Gibijo. Una posible explicación a dicha ausencia en el valle del Nervión estaría relacionada con la elevada antropización de la cuenca del mencionado río.

Los tejos de Ayala sobreviven, en general, de forma aislada, fundamentalmente en el tercio suroccidental del municipio y vinculados a las masas boscosas autóctonas y, ya en el altiplano de la Sierra, a zonas abiertas de matorral.

La falta de regeneración natural es, sin duda, el mayor problema de cara a su futura viabilidad, al que se enfrentan las poblaciones de tejos de Ayala. Una ausencia de reclutamiento que, a su vez, es provocada en buena medida por la presencia de ganado doméstico en régimen de pastoreo extensivo que albergan los montes ayaleses, en particular, el altiplano de Sierra Salvada. En menor medida, los tejos estudiados se enfrentan a otra serie de amenazas que, de orden de mayor a menor importancia, son las siguientes:

- Competencia interespecífica
- Construcción de pistas
- Impacto de la fauna silvestre (sobre todo, provocada por las poblaciones de corzo, por ramoneo y escudado)
- Recogida o transplante de pies con fines ornamentales o de reproducción.

En cualquier caso, la presencia de dos zonas muy concretas en las que se ha detectado un desarrollo muy favorable de la especie, nos indica que las condiciones ecológicas son potencialmente favorables. Por ello, se proponen a continuación una serie de medidas de gestión,

planteadas con el objetivo de ayudar a la pervivencia de la especie e, incluso, a su expansión:

- Realización de pequeños cierres o acotados de protección.
- Colocación de protectores individuales en aquellos ejemplares preexistentes que se encuentran aislados, rodeados de una fuerte presión ganadera y sin posibilidad de desarrollo (mayoritariamente ubicados en Sierra Salvada).
- Recolección de semillas y reproducción por esquejePlantaciones individuales o de pequeños bosquetes a partir de los ejemplares anteriormente sembrados o plantados.
- Control de otras especies arbóreas o de matorral competidoras
- Realización de pequeñas intervenciones en el propio pie de tejo.
- Fomento de la presencia de tejo en zonas naturalmente restringidas al ganado como son los espinares.
- Coordinación de intervenciones con la Comunidad de Castilla y León.
- Campaña de comunicación y sensibilización.

Dichas medidas se han pensado para ser realizadas mediante colaboración ciudadana y bajos costes económicos, comprometiendo a la población local en la conservación y protección activa del tejo.

AGRADECIMIENTOS

A David Guinea, Alfredo Gómez, Xabier Iturrate y a todas las personas de Ayala que han colaborado en la búsqueda de algunos de los ejemplares de tejo o han proporcionado información específica sobre la riqueza cultural de la que el tejo es el mejor ejemplo entre los árboles.

BIBLIOGRAFÍA

ASENSIO, R.; FRANCÉS, E.; ORTEGA, C. y J.M. VADILLO (1990). *Árboles Singulares de Euskadi*. Departamento de Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente de Gobierno Vasco. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz. 389 pp

BARRENENGOA, F. (1989). *Onomástica de la Tierra de Ayala*. 2 TOPONIMIA –TÉRMINOS-. Servicio Publicaciones de Diputación Foral Álava, Vitoria-Gasteiz. 412 pp

CORTÉS, S.; VASCO, F. y E. BLANCO (2000). *El libro del tejo (Taxus baccata L.)*. ARBA, Madrid. 336 pp

GARCÍA, G. (2009). Toponimia del tejo en la Península Ibérica. *Ecología*, 22: 305-356

SCHWENDTNER, O. (2008). Supervivencia y crisis del tejo (*Taxus baccata L.*) en el área cantábrica. II Jornades sobre el teix a la Mediterrània occidental. *Annals de la delegació de la Garrotxa de la Institució Catalana d'Historia Natural*, 4. Olot: 11-34

URIBE-ECHEBARRÍA, P.M^a, ZORRAKIN, I., CAMPOS, J.A. y Á. DOMINGUEZ (2006). *Flora Vascular Amenazada en la CAPV*. Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de Gobierno Vasco. Servicio Central de publicaciones del Gobierno Vasco. Vitoria-Gasteiz. 387 pp

New addition on recognition and spread of Yew (*Taxus baccata* L.) in the Bosnia and Herzegovina

DALIBOR BALLIAN¹

¹University of Sarajevo, Faculty of Forestry, Zagrebačka 20, 71000 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, balliandalibor9@gmail.com

ABSTRACT

This work is a new addition to the recognition and spread of Yew (*Taxus baccata* L.) in Bosnia and Herzegovina. This is one of the most interesting and rarest woodland trees in Bosnia and Herzegovina of which very little is known, especially about the areas it is found in. Till now there has not been an attempt to research its ecology, but there have been attempts to encapsulate its spread, these have been done with partial success. In this work the base ecology has been explored and further information has been added to the data of the spread of Yew, however even this information cannot fully encapsulate the actual spread within Bosnia and Herzegovina. Considering the current situation it is to be expected that new populations will be discovered in the future being both groups and individual trees.

KEY WORDS

Yew (*Taxus baccata* L.); distribution; current state; Bosnia and Herzegovina;

INTRODUCTION

In the West Balkans, the area of Dinaric Alps is very specific in terms of the conditions of the area, as in a very small space there exists a large variation of climate, edaphic and orographic and other conditions which directly affect the diversity of plant cover (STEFANOVIĆ, 1977; Stefanović *et al.*, 1983). This is once again directly connected to a large number of different varieties of trees and bushes found in this area. This is the main reason why the area of Bosnia and Herzegovina, a small country in the south east of Europe, presents a veritable European goldmine of endemic and rare breeds, boasting over 450 endemic and rare kinds (Redžić *et al.* 2008), Yew being one of these.

As per the data collected in the second national inventory of forests on large areas in Bosnia and Herzegovina there are 3,231,500 ha of forests and forest grounds. That represents approximately 60% of its area (LOJO & BALIĆ, 2011). Of that area 93% are natural forests, sorted into large numbers of various plant

communities (STEFANOVIĆ, 1977; Stefanović *et al.*, 1983; Redžić *et al.*, 2008).

In these forests, especially the oak and silver fir forests as well as silver fir and juniper, yew has its specific place, from the sub-mediterranean climate through the whole of Dinaric Alps with its specific continental climate to the typical Panonic area with continental climate (Fukarek, 1957).

Yew is normally found in the northern exposures, being the fresher types of soils in all climate areas of Bosnia and Herzegovina. However there are cases where it has been found in eastern exposures at much higher level above the sea and the same goes for both south and even western exposures. In Bosnia and Herzegovina, it appears on the 300-1500 m above the sea level. In terms of the geological base we have found it on limestone, phylites, sand and one population was even found on peridot-serpentine in a black pine forest. The difference in geological base has of course conditioned the type of soils that Yew has grown on (Fukarek, 1957). However it seems that the most effect on the spread of yew was indeed affected by a man, and has been doing so for hundreds of years, possibly even from the roman period, with uncontrolled cutting of yew trees. The reason being firstly in the high quality and longevity of wood which has a dark brown tint and is easily mechanically worked and furthermore has its place in the everyday life and its equally important spiritual value to the local residents (Ballian, 2005).

Yew, as a tree is of immense importance to all the different nationalities living in Bosnia and Herzegovina. Mostly this comes from its longevity and being able to reach great age, sometimes even over a thousand years. This in turn makes the people believe that yew is a sort of symbol of longevity and as such it is used in certain spiritual rituals which have survived and are being practised even today. One of these rituals is the embedding of a piece of yew within the foundations of houses and other objects, which is believed to give the said object further long and safe existence. Yew has also been used for amulets worn daily on ones clothes and on the implements used for livestock, especially horses and oxen. If a yew tree was not available for these rituals from the local woods, trees that were grown within the villages were used of which

there are numerous examples in Bosnia and Herzegovina (FUKAREK, 1957; BALLIAN, 2005).

The uncontrolled human activity has unfortunately resulted in yew slowly disappearing from the natural forests and it has since become difficult to find the samples of the same in the natural forests. Having said this, there have always existed people in the mountain villages who have been able to locate yew trees, these people have mostly kept the locations of the same secreted and unknown to the general public and have passed the same secretively from generation to generation within their own families, as it could provide extra income due to the high value of yew and even further respect of the local community. The fast demise of the village communities in the last 50-60 years and the transfer of rural population into towns and cities, these secret locations were left abandoned and slowly slipped into memory or have become a distant memory to elderly individuals from certain villages (BALLIAN, 2005).

NEW DATA ON THE AREA OF YEW

In the numerous works on flora and vegetation of Bosnia and Herzegovina there is very little information on the locations on which Yew grows. This information usually do not state the number of samples found in certain areas, rather just the name of the mountain is stated without any reference to the specific locality and hence even with the greatest desire we are unable to again locate the said samples. The first information for yew in Bosnia and Herzegovina was stated by Fiala (FUKAREK, 1957) and those were for the mount Klekovača without the actual location on the mountain itself. In the most important book about the vegetation in Bosnia and Herzegovina from the beginning of last century BECK'S (1903) *Flora of Bosnia and Herzegovina and Novopazarski Sandžak*, yew is referred to as a kind of tree which is found individually or in groups and lists ten (10) mountains and broader localities for Bosnia and Herzegovina. After that there are some further references to new locations noted by MALY (1928) and those in Herzegovina in four (4) locations. Also the botanist BOŠNJAK (1936) lists further four (4) locations on the mountain Čvrsnica, and FUKAREK (1957) and Muravjev lists one (1) location for Čajniće which is even today populated by well preserved yew trees.

Through the analysis of material in the National Museum in Sarajevo, FUKAREK (1957) has supplemented the locations with seven (7) new locations and has further added three (3) more locations through his own research of flora in the areas. Through contacts with the local forestry companies and engineers and experts, FUKAREK (1957) has, while doing his research on the spread of yew in Bosnia and Herzegovina, found new data and was further able to register thirty-nine (39) locations. These are populations of both larger and

smaller expanse as well as individual trees and locations already found by previous researchers have been included in this. In the mean time the situation on the ground locations has changed and some of the locations have been found to be completely devoid of yew due to human factor as all the trees and bushes and saplings have been cut down, as was found on mount Kozara that was mentioned by Fukarek (1957). On the other hand there is samples that have multiplied and are much larger as is the case in Ajdinovići near Olovo, these locations were visited in person by the author (BALLIAN, 2005). Numerous locations have been left out of Fukarek's (1957) work as they have just not been known of and they contain small and large populations of yew as well as individual trees. In this work we will number the locations that were found through new research on the field and hence add to the earlier listings of the spread of yew done by FUKAREK (1957) (Fig. 1) and hence round up the spread of the yew in Bosnia and Herzegovina.

Starting from north and moving south, we first must mention mount Konjuh. New locations are on the south areas of mount Konjuh, however the exposures are north on location of Dubovine (HODŽIĆ *ET AL.*, 2009). During the development of the old tree register three (3) yew trees have been discovered which, based on their dimensions, are above average. Next to the mentioned new trees further samples of young yew or rather bushes were found and these further confirm that there was previously a large spread of this kind in this area. The first tree was 6 m tall with a diameter of 19 cm and estimated age of the above ground trunk of 43 years, and it is assumed that this tree has developed from the saplings from the old stump which was cut. The second tree was somewhat taller at 10 m and a diameter of 25 cm with an estimated age at 120 years. This particular tree is developed properly without any negative areas on the trunk. The third tree is 8m tall and has a trunk diameter of 18 cm and estimated age of 112 years and is very well developed.

Next location is at the southern slopes of mount Karaula and also in the north east exposures not far from the location of Paklenik to the side of Olovo-Tuzla road. At this location the collection of yew trees is in an inaccessible location and is observed as more of a collection of bushes and small trees/saplings. The main characteristic of this group is the abundance of natural regeneration.

As far as mount Bjelašnica is concerned, we can really say that there are numerous populations in the high mountain area which spreads from Mehina Luka to Babin Dol. Individual samples also appear in the woods of mount Igman. FUKAREK (1957) has noted that individual samples can be found in the area of Mehina Luka, while in our research we have found numerous large collections as well as individual trees. Due to the nearness of urban areas most of these samples are in the bush form and the smaller trees are rare.



Figure 1. Areal of yew population in Bosnia and Herzegovina

The closest to the population located on mount Bjelašnica, is the population located near township of Kreševo, which is away approximately another 30 km from the before mentioned population. This population is unfortunately in the immediate area of a residential zone and is hence rather affected by the human factor. For some reason and even though it is very close to a habited area this population has not been registered formally. The population itself consists mainly of small bushes, no trees at all. Furthermore this bush growth is also being trimmed and pruned by the residents on regular basis for the 'flower Sunday', generally a week before Easter and then used for consecration. This unfortunately has brought this particular population to the brink of extinction.

We were unable to confirm beyond doubt that all the populations have been noted on mount Prenj. There is a larger population on location of Kula (Ballian, 2013a). The location of Kula is a rather wide area of Prenj above the Boračko Lake, which presents two (2) separate populations. One of the populations is located at the south east part above the Dugo Polje and is made out of bush forms of yew which is due to human influence and continuous cutting of the yew trees. In this population regrettably we don't have any notable samples of trees. The second population is at a height of 1350 m above sea

level and the trees grow on the actual cliff face which is an extremely poor habitat for yew, where is a large steep field which rises from the Boracko Lake to a small forest area. This particular group of trees is very interesting as it is made out of trees with larger trunks, being the older trees for the conditions that are present in Bosnia and Herzegovina. Till now it was thought that the oldest yew was found on mount Prenj, which was found in the area of higher flow of Idbar with the diameter of approximately 40 cm. This is a rather small diameter for the trees found at the location of Kula, where on our location we have registered five (5) trees of yew of extremely large diameters from 60 cm to one tree actually being 190 cm.

Further we come to mount Vlašić, which on its south east slopes merges into the massif Borja in the village of Ugodnović and has a very interesting population with five (5) very large trees of yew. The trees are rather large and range in the trunk ring diameters and heights being approximately 12 to 15m (BALLIAN, 2005). These yew trees show a very good vitality as they have not been extensively cut or damaged by the local residents. The widest of these four trees measures approximately 120 cm and the slimmest approximately 80 cm, and somewhat further we have another tree measuring a rather less extravagant 45 cm in diameter. The origin of these trees

is unknown but it can be assumed that they arrived to the location in a natural way and have been further preserved by the resident population due to its belief that yew was a holy wood veneered through the generations. There are further populations in the surrounding hills however these are mainly constrained to bush form and these form a extremely interesting population group whether their heritage is related to the said five old yew trees or other trees growing in the surrounding woods.

FUKAREK (1957) mentions yews in the area of Kupres but does not mention the locality of Jaram as his research was directed at mount Kujača and Malovan. The opening of this wooded area due to the war situation 20 years ago, has availed the knowledge of the population to the experts in the forestry field. This is the main reason for the population at Jaram remaining undiscovered even though the resident population has regularly used it for its needs. This is confirmed by numerous bushes that grew from the stumps left over by cutting. Currently the population shows great vitality and has a couple of hundred samples of yew in various stages of growth (BALLIAN, 2013a). We have further found a small population of smaller trees of yew located on the North West slopes of Demirovac not far from the seeded section of silver fir and spruce.

Mount Vran leans on Čvrsnica which is rich in individual trees as well as groups of yew trees (Ballian 2012) however no earlier register of yew exists for this area. While a forest management plan was being developed for the local Forest enterprise of Tomislav Grad two smaller populations of yew bushes were found on the northern slopes of Vran above the Mandino village. The bush forms are regularly trimmed and pruned by the locals but still show good vitality. This finding further confirms the relation between southern and western populations of yew.

Mount Čabulja and its flora is mentioned in great detail by BOŠNJAK (1936) however no yew is mentioned. However we have found a single trunk with sapling shoots, which are regularly cut by the locals for the 'flower sunday', on the wider area of Bosiljna location. We can assume that there may be further individual trees or smaller populations of yew on mount Čabulja but its inaccessibility makes the confirmation difficult. Mount Čabulja and mount Vran further add to the fulfilment of data concerning the spread of yew in that part of Bosnia and Herzegovina.

In western Bosnia we have some very interesting locations which are mentioned by FUKAREK (1957) but still many have not been registered or mentioned even though they are of great importance and one of these is in the actual canyon of river Una. At almost the half way mark on the road from Bihać to Bosanska Krupa, in the most inaccessible rock cliffs we can find some interesting yew samples. These are individual trees which have been left over from the yew cutting which was very sought after in this part of Bosnia and Herzegovina for making of amulets and domestic items. There are three registered

bushes in this area and we can assume that more could be found however the area is still heavily land mined from the last war. The second interesting location in the Western Bosnia is on the southern slopes of the Klekovača massif on which yew was first registered and further eight (8) locations smaller locations were noted Fukarek (1957). As Klekovača is a rather large massif numerous areas were not investigated originally and a new location with yew has been found. It is a location near Drvar towards Resanovci near the entity border itself. The population is rather small but does show good vitality.

Mount Jadovnik, which is accessible with great difficulty, Fukarek (1957) assumed that it might have yew populations but was unable to confirm the same. As there have been developments of roads and improved accessibility to mount Jadovnik since then, a new population of yew has been registered in the area. Namely on the south slopes which are open and gravitate towards Bosansko Grahovo a new and numerous population was discovered albeit on a hard to access terrain which has in turn preserved the yew population.

Here we can further note the individual trees of yew that have been planted in the gardens, and can note that most are of great age and impressive dimensions for this kind. These were also noted by Fukarek (1957) but we will note the ones not recorded by him and that have been found while researching yew. Not far from Vitez in the village of Vranjska there is a yew tree commanding great interest. It has most likely been planted there in the close proximity to the houses, and as an old and holy tree it has been an object of veneration and care from the local residents. With its dimensions it presents a good sample whose age is believed to be approximately 150 years.

The lack of yew, which is highly sought after especially for its spiritual values, was one of the reasons why this tree has been planted and grown for a long time in the gardens and around residential houses (Ballian, 2005). This is why yew was planted in the village of Ždralovići near Bugojno and why we can find five (5) beautiful samples of yew trees to which many stories and legends have been linked and the local residents takes great care of the same. These trees are between 100 and 120 years old.

CHARACTERISTICS OF AND FOREST

Management Yews stands

When we review the system of management in the beach and fir forests, as well as in the fir and spruce forests, where yew grows, we have to start at the base fact that even though the mutual origin is from the old forests (till 90-100 most of the forests had the old forest/prime forest structure) the forest composition in Bosnia and Herzegovina do not have the similar development structure and the current composition of the forests where yew grows does not correspond to any basic shape of the high designed forest. As per BOZALO (1991) there are high differences in the density of growth and structure

as between the content so also within it. Hence a preference should be given to yew management as the conditions within the managed forests as the current management makes it extremely difficult to manage yew in any way as an economically marginal kind or to protect it for that matter.

Yew gene pool preservation and conservation

As the Dinaric area is very specific, due to its morphology and climate, it is one of the main reasons we have one of the most important centres of plant diversity. Many experts in the field think that the kinds of forest trees from this area show great genetic variability in comparison to the same kinds from the northern areas, and so are with yew. This has been confirmed by the research done by BALLIAN *et al.* (2008) and Trober & Ballian (2011). Even though only five (5) populations were analysed there variability of the received results is not characteristic for the central Europe but for the area of Balkans, namely Bosnia and Herzegovina.

Currently there are special activities being performed to affect the protection of yew and parts of woods where it grows, mainly via the HCVF (High Conservation Value Forrest) concepts in the frame of certifying the forests via FCS (Forrest Stewardship Council), which has resulted in several different forests being under the observation and care of the above in several areas of Bosnia and Herzegovina. To ensure the gene pool protection for yew a special place is awarded to the mixed forests in whose structure yew plays one of the main ecological roles as all of these forests belong to the forest union of oak-pine forests (*Abieti fagetum*) and pine and spruce forests (*Abieti piceum*). Further of interest is that in eight (8) protected old forests/prime forest in Bosnia and Herzegovina (BALLIAN, 2010), that are under permanent protection; we do not find any yew whatsoever. However we do find yew in the surrounding forests which in turn makes their permanent protection rather difficult.

CONCLUSION

The current state and number of yew trees present in the forests of Bosnia and Herzegovina, is a cause for joy as it, at first glance promises that yew will not easily disappear from our forests. This presents a rather lighter future for yew and we hope that further discoveries of individual trees and populations in the said forests will further aid the preservation plans.

However, the positive situation currently found on the ground should entice further plans for long-term and full protection via conservation activities in situ so that the preservation can be achieved in its natural environment.

Further protection should be looked for through legislation and laws and Environment Protection Acts to ensure that yew is not ecologically defeated by breeds of greater dominance. The numerous presence of yew on the ground is satisfactory at the moment but can be affected through numerous unknown variables, and

we do live in the era of global climate changes, and we should hence try to protect it through projects like method *ex situ* so that the indigenous gene pool can be preserved. Introduction of yew should also be done but only of the indigenous gene pool so that a bright and safe future could be ensured for this rather interesting kind and preservation ensured for future generations

REFERENCES

- BALLIAN D, (2005). The Status of Yew Tree (*Taxus baccata* L.) in Bosnia and Herzegovina. *Der Eibenfreund*, 12: 169-172.
- BALLIAN D, (2010). An overview of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in Bosnia and Herzegovina. *Communicationes Instituti Forestalis Bohemicae*, 25: 52-60.
- BALLIAN D, (2012). Tisa u Hercegovini – bogatstvo planine Čvrsnice. *Naše šume* 28/29: 86-87.
- BALLIAN D, (2013) a. Planina Prenj riznica tise – Najstarije stablo u BiH, *Naše šume* 30/31: 98-99.
- BALLIAN D, (2013) b. Dei Eibe von Kupres. *Der Eibenfreund*, 19: 154-156.
- BALLIAN D, GIERBERG B, TRÖBER U, (2008). Genetička varijabilnost obične tise (*Taxus baccata* L.) u Bosni i Hercegovini. *Šumarski list* 9/10: 431-443.
- BECK G, (1903). Flore Bosne i Hercegovine i Novopazarskog Sandžaka I. *Glasnik Zemalskog muzeja Sarajevo*.
- BOŠNJAK K, (1936). Iz Hercegovačke flore. *Glasnik Hrvatskog prirodoslovnog društva*. XLI-XLVIII, Zagreb s 23.
- BOZALO G, (1991). Proučavanje sistema gazdovanja u prirodnim šumama. Izveštaj za period 1989-1990 u okviru D.C.VII. Sarajevo.
- FUKAREK P, (1957). Tisa (*Taxus baccata* L.), njena nalazišta u Bosni i Hercegovini i njihova zaštita. *Naša starina*, 4:263-280.
- HODŽIĆ R, ČAVKUNOVIĆ J, BALLIAN D. (2009). Registar rijetkih, starih i historijski značajnih stabala na području Tuzlanskog kantona. JP “Šume TK” d.d. Kladanj. pp 96.
- LOJO A, BALIĆ B, 2011. Prikaz površina šuma i šumskih zemljišta. In: Lojo, A., Balić B, Hočevar M, Vojniković S, Višnjić Č, Musić J, Delić S, Trešić T, Čabaravdić A, Gurda S, Ibrahimspahić A, Dautbašić M, Mujezinović O, Stanje šuma i šumskih zemljišta u Bosni i Hercegovini nakon provedene Druge inventure šuma na velikim površinama u periodu 2006 do 2009 godine.

MALY K, (1928). Prilozi flori Bosne i Hercegovine. X. Glasnik Zemalskog muzeja Sarajevo.

REDŽIĆ S, BARUDANOVIĆ S, RADEVIĆ M, (2008). Pregled i stanje biološke i pejzažne raznolikosti Bosne i Hercegovine, Bosna i Hercegovina – zemlja raznolikosti. Federalno ministarstvo okoliša i turizma, Sarajevo.

STEFANOVIĆ V, (1977). Fitocenologija sa pregledom šumskih fitocenoza Jugoslavije. Zavod za udžbenike Sarajevo, pp 283.

STEFANOVIĆ V, BEUS V, BURLICA Č, DIZDAREVIĆ H, VUKOREP I, (1983). Ekološko vegetacijska rejonizacija Bosne i Hercegovine. Šumarski fakultet u Sarajevu, Posebna izdanja: br. 17, Sarajevo, pp.51.

TRÖBER U, BALLIAN D, (2011). Genetic characterization of English yew (*Taxus baccata* L.) populations in Bosnia and Herzegovina. European Journal of Forest Research: Volume 130, 4: 479-489.

Treinta años trabajando con el tejo

EMILIO BLANCO & FERNANDO VASCO

Amigos del Tejo y las Tejedas. AATT (ARBA)

Estudio de Botánica. C/ Amador Valdés 14, 28017 Madrid

Farmacia Vasco-Herrero C. B. C/ Sofía 195, 28022 Madrid

emilioblancastro@gmail.com // fernandovasco@vahe.e.telefonica.net

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza una síntesis general de los principales campos de estudio del tejo (*Taxus baccata*) y de la evolución de su conocimiento durante estos últimos treinta años, tiempo en el que hemos venido interesándonos por la especie, que ha representado para nosotros una fuente inagotable de aprendizaje y saber. Y no solo de estudio sino también de emociones y vivencias, que van más allá de lo estrictamente científico o racional.

PALABRAS CLAVE

Tejo, *Taxus baccata*, biología, ecología, usos, etnobotánica, farmacología, toxicología, cultivo, jardinería, conservación, futuro.

ABSTRACT

In this presentation we are trying to make a comprehensive but short summary of numerous studies on the yew tree (*Taxus baccata*). A lot of progress made in these studies along the last thirty years allows us to get better knowledge of the tree. Throughout this period, we have been very much interested in these species since they were, and they still are major sources of knowledge, emotions and feelings that reach beyond reason. These are the main topics dealt with: names, lexis, place names, biology, description, identification, taxonomy, relationship, ecology, habitat, geobotany, yew woods, ethnobotany, uses, culture, toxicology, fitotherapy, cultivation and gardening. Monumental trees, cultured yew, protection and tretas, enviromental education and future.

KEY WORDS

Yew, European yew, *Taxus baccata*, biology, ecology, uses, ethnobotany, toxicology, fitotherapy, cultivation, gardening, future.

INTRODUCCIÓN. ANTECEDENTES

Taxus baccata es una especie arbórea muy especial, en ella se dan cita un conjunto de características que la hacen ser

única en el contexto geográfico donde vive. Se trata sin duda de nuestro árbol favorito, aunque sin menospreciar el valor e interés de todas nuestras especies arbóreas autóctonas, todas ellas muy importantes desde todos los puntos de vista. Entre todas ellas destaca el tejo tanto en el ámbito biológico como en el cultural, lo que hace que haya atraído desde siempre a biólogos, botánicos, naturalistas, médicos e incluso a viajeros, historiadores y lingüistas.

Resulta sorprendente la gran cantidad de temas que hemos aprendido gracias al tejo a lo largo de estos años: de geografía, de ecología, de lingüística y de otros muchos campos del saber. Nuestro interés ha ido siempre más allá del estricto conocimiento científico, la especie ha representado para nosotros un estímulo para viajar y conocer nuevas sierras y sus gentes, lo que nos sigue ocurriendo treinta años después, cada vez que visitamos un lugar con presencia de tejos.

Este trabajo solo pretende dar una visión de conjunto de los muy diversos campos de estudio del tejo, por la mayoría de los cuales nos hemos interesado en algún momento. Mostrando de una forma sintética y divulgativa, para los no iniciados, la gran cantidad de aspectos apasionantes que reúne la especie (figura 1).

Nuestro interés y los comienzos de nuestros estudios sobre el tejo datan de los años setenta (s. XX) en que ya nos interesábamos por esta especie, nos llamó siempre la atención su rareza y longevidad, así como su lento crecimiento y su conocida toxicidad. Pero no es hasta el año 1984, hace más de 30 años, cuando a raíz de la publicación de un artículo de Ignacio SOBRÓN en *Quercus* (nº 15) y de la lectura del primer libro de Enrique LORIENTE sobre los árboles y tejos singulares de Cantabria, nos decidimos a profundizar seriamente en su estudio, los inicios de lo que luego sería el “Proyecto Tejo”, llevado a cabo por la recién creada *Asociación para la Recuperación del Bosque Autóctono* (ARBA), en 1986.

Muchos bosques de tejos debieron coronar las partes altas de la provincia. Muchos, muchísimos se han talado. Hemos contemplado, recientemente, lo que podríamos llamar un cementerio de viejos tejos en la Florida. Allí se ofrece a los amantes de la naturaleza un espectáculo deplorable, troncos y troncos yacen absurdamente en el suelo. No se puede comprender esta falta de respeto hacia el árbol.

Enrique Lorient, 1982
Árboles singulares de Cantabria

A partir de aquí realizaríamos, en los 90, junto con Simón Cortés, *El libro del tejo. Un proyecto para su conservación* (2000), que tendría muy buena acogida y repercusión de cara a la revalorización e interés por la especie y sería el punto de partida de lo que ocurrió después, con la organización de las *I Jornadas Internacionales sobre el Tejo en Alcoy* (SERRA ed., 2007) y la creación de la *Asociación de Amigos del Tejo y las Tejedas* (AATT).

No se puede dejar de nombrar igualmente aquí en los antecedentes la labor pionera desarrollada por Antonio Pulido y los organizadores de las Jornadas sobre el Tejo en las Sierras de Tejeda y Almijara, que tuvieron lugar en Sedella (Málaga) durante varios años seguidos, a lo largo de finales de los años 90 y primeros 2000.

RESULTADOS

A continuación se tratan de forma sintética los aspectos más importantes en relación con la especie, sobre todo referidos a nuestro país. El texto pretende ser un resumen de la ponencia presentada (audiovisual en PowerPoint), que fue preparada especialmente para la inauguración de estas *IV Jornadas Internacionales del Teix* en Poblet (Tarragona). Los puntos que vamos a tratar son los siguientes:

- Nombres. Toponimia
- Biología. Identificación
- Clasificación. Paleobotánica
- Autoecología. Hábitat
- Geobotánica
- Vegetación y tejedas

- Etnobotánica, usos, utilidades.
- Toxicología. Fitoterapia. Farmacología
- Cultivo y propagación. Jardinería
- Ejemplares singulares. Tejos de culto
- Conservación y amenazas
- Educación ambiental. Ecologismo
- Conclusiones y Futuro. Sentimientos personales

NOMBRES. TOPONIMIA

Comenzando por los nombres y la toponimia relativa al tejo, diremos que este tema ya de por sí resulta apasionante. Analizando los nombres en las diferentes lenguas ibéricas derivados tanto de su raíz latina como de la vasca o germánica, hemos recopilado en estos años más de 50 nombres comunes, la mayoría derivados del latín *Taxus*, término de origen desconocido con el que debieron denominar a esta especie los romanos, sin que se sepa con seguridad su significado, aunque se han dado algunas interpretaciones.

Resultan muy originales en castellano los nombres que tienen otro origen distinto, como “matagallinas” o “papagallinas” recogidos en Salamanca, o “quiner” en catalán (Montseny), o también “sabina negra” en Aragón. Incluso se ha especulado con la posibilidad de que el nombre de la propia Iberia o íbero, e incluso Ebro, pudieran derivar de la raíz gaélica *ivi* o *iva*, que significa ‘tejo’, que dio lugar también a *eibe* en irlandés, aunque esto resulta muy especulativo (incluso de aquí puede derivar el término *Eburus*, que daría posteriormente *Eburones*: tribu centroeuropea de los “hombres del tejo”).

EL TEJO ARBOL DE MUCHOS ASPECTOS DE INTERES



Figura 1. Aspectos de interés del tejo

En cuanto a la **toponimia** vegetal de tejo, hay que decir que ha sido y es una herramienta muy importante en el trabajo de investigación de la especie. La búsqueda de topónimos relacionados con la palabra tejo nos ha llevado a inventariar muchos lugares nuevos con su presencia pasada o actual. Es abundante la relación de topónimos de tejo en España, en la actualidad se llevan recopilados más de 300 nombres de lugares relacionados con la palabra o sus derivados. Igualmente, existen nombres de vírgenes, ermitas y santuarios cristianos alusivos al árbol, como por ejemplo Nuestra Señora de la Tejeda en Garaballa (Cuenca), o la iglesia de El Tejo en Valdáliga (Cantabria). Como curiosidad diremos que los términos “tejeda” o “tejera”, en castellano, tomado como agrupamiento de tejos, no figuran en el Diccionario RAE, siendo palabra frecuente en la toponimia pero aún no reconocida oficialmente, aunque en realidad ya aparece citado el término *texeda* en el siglo XIV en el *Libro de la Montería* de Alfonso XI.

Los topónimos y antrónimos de origen vasco son también frecuentes por el norte ibérico, nombres derivados todos ellos de *agin* o *hagin*: tejo, siendo el árbol un referente de la cultura vasca. Algunos lingüistas hacen llevar la influencia vasca hasta la Sierra de Mágina en Jaén (con presencia de tejos), por la relación de nombres, pero esto no está demostrado.

Biología

La biología de la especie es sin duda el tema más conocido y tratado desde antiguo en la bibliografía. Se considera una gimnosperma atípica, muy antigua pero con características biológicas modernas, como son la ausencia de resina (no resinosa) o la ausencia de piñas (afanoestróbil, no conífera). A diferencia de la mayoría de las gimnospermas presenta el tejo buena capacidad de rebrote y regeneración de sus tejidos vegetativos, siendo capaz de rebrotar de su tronco o de porciones del tronco dañados, o desde la base del mismo, característica propia de angiospermas mucho más modernas, por lo que podemos afirmar que sus tejidos mantienen una gran potencialidad y plasticidad.

Se trata de un árbol perennifolio que puede alcanzar gran talla y longevidad, siendo su bella madera rojiza y muy dura, su tronco retorcido y abigarrado con la corteza finamente agrietada y muy característica. De lo más original resulta su **biología reproductiva**, siendo de antiguo conocida su *dioecia*, con la formación de flores masculinas y femeninas en distinto pie de planta. Las piñitas masculinas (glomérulos) salen en pleno invierno y destacan por la presencia de gran número de sacos polínicos peltados; en cuando a la flor femenina, más tardía, destaca la presencia, justo en el momento de la fertilidad, de la gota *micropilar* para la captura del polen. Las semillas, por todos conocidas, son solitarias

y están recubiertas de un arilo rojo que semeja un fruto en baya roja, adaptado a la dispersión *endozócora*, condición ésta también moderna dentro del mundo de las gimnospermas. Recientemente se postula también la hidrocoria, como complemento importante en su dispersión, en determinados casos concretos.

En cuanto a las interacciones de la especie con otros seres vivos, como otras plantas, musgos, hongos, líquenes, insectos, etc., se observa el funcionamiento de los viejos ejemplares solitarios como verdaderos ecosistemas. Destaca el gran desconocimiento que tenemos de estas interrelaciones. También alberga frecuentes epífitos, parásitos o simbioses. De estos últimos se conoce la presencia de micorrizas endótrofas, muy poco estudiadas. Y entre los parásitos controlados, es característica la agalla del tejo en forma de pequeña piña, y que no hay que confundir con la semilla. Está producida por el díptero *Taxomia taxi*.

Taxonomía, clasificación. Paleobotánica

Se consideran en la actualidad 12 especies de *Taxus* en todo el mundo (entre 10 y 12 según diferentes autores), con una distribución claramente circumboreal. Algunos autores recientes como SPJUT (en VVAA., 2013) han llegado a proponer la presencia de hasta 24 especies y 56 taxones en total, entre subespecies y variedades, lo cual parece excesivo y resulta confuso.

Dentro de las diferentes especies podemos hablar de 3 grandes grupos geográficos, con 5 subgrupos a su vez: el núcleo asiático, donde se concentra la mayor diversidad de especies (7), y que por ello se considera el centro de dispersión mundial; el núcleo americano con *Taxus brevifolia* y *T. globosa* al oeste y *T. canadensis* y *T. floridiana* al este; y el núcleo europeo con una única especie, la que nos ocupa, de amplia distribución y una alta variabilidad dentro de su área.

Consultar el mapa de HULTEN & FRIES de 1986 es muy ilustrativo, ya que contempla el área de distribución del género en visión polar. Desde el núcleo asiático pudieron haberse diferenciado las especies americanas por una parte y la europea por otra. Estudios actuales de ADN tratan de aclarar esta cuestión (véase algunas ponencias relativas al tema en esta misma publicación).

Pero la familia de las Taxáceas en general es más amplia en géneros, diferenciándose en total 4 géneros más: *Torreya* (5 sp.), *Pseudotaxus* (= *Nothotaxus*, 1 sp.), *Amentotaxus* (5 sp.) y *Austrotaxus* (1 sp.), con unas 20 o 22 especies en total, algunas de las cuales penetran en el hemisferio sur llegando hasta Nueva Caledonia, Java o Malasia.

La “paleo” nos dice que se trata de una familia antigua cuyo origen se sitúa en la era Mesozoica, hace más de

200 millones de años (Trias, 210 ma). El género *Taxus* parece ya existir hace unos 100 ma, en el período Jurásico (formas tipo *Pretaxus*) dando lugar ya en el Terciario a los antepasados de lo que hoy consideramos *Taxus baccata* o sus antepasados cercanos. El grano de polen aparece ya en yacimientos estudiados de esta época, éste se distingue bien en microscopía electrónica por su granulado homogéneo y su tamaño.

Autoecología. Hábitat

Es este campo de estudio del tejo uno de los que más nos ha interesado y del que más hemos aprendido en estos años, cambiando en muchos casos la percepción que teníamos prefijada sobre la ecología de la especie. En pocas palabras se puede decir que aunque clásicamente es considerada una especie de ámbito eurosiberiano con preferencia por los climas templadohúmedos u oceánicos, acompañante de bosques planocaducifolios europeos, su autoecología es mucho más amplia y adaptable, habiendo colonizado muchos ambientes submediterráneos y mediterráneos.

Casi nunca es abundante en los ecosistemas, evitando la competencia con otras especies arbóreas acompañantes. Aprovechando cualquier irregularidad topográfica del medio, aparece más frecuentemente en bordes de bosque, afloramientos rocosos, laderas pendientes, gleras, etc., casi siempre en situaciones ecológicas muy similares a las del acebo (*Ilex aquifolium*).

En el mundo mediterráneo es en las montañas donde encuentra también un hueco importante para vivir, demostrando aquí una capacidad muy grande de adaptabilidad, con tal de que tenga cubiertas unas exigencias básicas de humedad que le son imprescindibles, tanto del suelo como del ambiente. Así encontramos a veces tejos en lugares inesperados sobreviviendo en cantiles rocosos y pedreras e incluso como especie riparia, ligada a ríos y torrentes de montaña, con un comportamiento ecológico muy variable que demuestra su gran versatilidad y probable variabilidad genética (razas ecológicas).

Los lapiaces y canchales calizos o silíceos de montaña son a veces su lugar favorito de supervivencia y refugio. Siendo a veces una especie caprichosa y desconcertante cuya presencia responde a factores desconocidos, o relativos a la zoocoria, así aparece a veces en sitios donde no se la espera y no está presente en sitios favorables. Tejos de roca o rupícolas sobreviven aislados en determinadas sierras sobrepastoreadas como testigo de otros tiempos en que fueron más abundantes.

Quizá haya sido el **factor humano** muy importante a la hora de explicar su presencia o ausencia, ya sea eliminando los tejos (por el valor de su madera o su

toxicidad), ya sea favoreciendo indirectamente a la especie en otros casos por eliminación de la competencia selectiva con otras especies de ecología similar. En cualquier caso, su capacidad de superar talas o podas y regenerarse es a veces sorprendente, mientras que en otros casos desaparece para siempre, mostrando una gran sensibilidad a la degradación antrópica del medio.

Cada bosque o bosque nuevo con tejos que visitamos presenta unas características y matices ecológicos diferentes, de forma que suponen siempre un reto para el ecólogo o interpretador del paisaje.

Geobotánica

Como todos saben la distribución europea de la especie es amplia, llegando por el norte a los países nórdicos y por el este al Cáucaso y montañas turcas. Por el oeste, su aparición en las islas macaronésicas de Azores y Madeira resulta muy interesante, como testigo de sus posibles orígenes subtropicales; igualmente son interesantes los refugios que posee en el norte de África: Rif y Atlas (incluidas las montañas de Argelia); aquí el tejo puede subir en altitud por encima de los 2.500 m. Apasionantes resultan igualmente las manifestaciones del sur de Italia (Sicilia y Cerdeña) y de la Península Ibérica (Sierras de Tejeda y Almijara o Sierra Nevada), verdaderos relictos donde el tejo se encuentra en su extremo límite de supervivencia.

Todo ello y los estudios paleobotánicos existentes nos hacen pensar de forma contraria a lo considerado hasta ahora en cuanto al origen de la especie. En vez de ser una especie norteña que bajó a las montañas mediterráneas, quedándose refugiada en sitios favorables puntualmente, podría haber tenido su origen en los bosques subtropicales y selvas frías del Terciario europeo que dieron lugar a los bosques mediterráneos, adaptándose posteriormente, con la llegada del frío de las glaciaciones, a los bosques atlánticos caducifolios centroeuropeos, conservando razas de climas más cálidos originales recluidas en determinados puntos de las montañas mediterráneas. El mismo camino llevado a cabo por otras especies como el acebo, la hiedra o el laurel común, es decir, un origen subtropical en laurisilvas, reconvirtiéndose o evolucionando por una parte al mundo mediterráneo subhúmedo y más tarde, desde aquí, adaptándose al mundo eurosiberiano templado caducifolio.

En cuanto a su **corología**, en el caso concreto de la Península Ibérica, desde que se hizo *El libro del Tejo* (CORTÉS & *al.* 2000), el conocimiento del área de distribución actual se ha perfeccionado grandemente en los últimos años, conociéndose hoy en día mucho mejor su localización, gracias al gran número de estudios y censos locales y provinciales realizados por múltiples colaboradores y amigos en todas las autonomías.

Destaca la labor de muchos grupos o asociaciones conservacionistas que han hecho las mayores aportaciones al tema. Por ejemplo, nosotros en Amigos del Tejo y las Tejedas, AATT, hemos hecho numerosas contribuciones en Madrid y ambas Castillas: Segovia (BLANCO & *al.*, 2012), Ávila, Toledo, Salamanca (Peña de Francia, Batuecas), etc.

Tejedas. Vegetación

Tema este controvertido y muy interesante, nos referimos a la posibilidad de que el tejo en determinadas condiciones naturales sea capaz de formar bosques, ya sean formaciones puras o mixtas dominadas por el árbol. Lo cierto es que el concepto de *tejeda* o *tejera* ha ido cogiendo cuerpo a lo largo de estos años y evolucionando aunque sin un reflejo claro en los estudios de fitosociología, que lo han incluido siempre como acompañante en la clase *Quercus faginea*, sin más.

La realidad es que la variabilidad en cuanto a las comunidades vegetales en las que participa la especie es muy grande. El árbol tiene tendencia a ser solitario y a vivir aislado como especie acompañante, pero con frecuencia estamos localizando la presencia de agrupaciones o bosquetes en lugares determinados de tipo ecotono (zonas de contacto o heterogeneidad ecológica), que podemos llamar tejedas. En la actualidad se puede hablar en nuestro país de más de una treintena de bosquetes de tejos conocidas, donde el tejo es abundante localmente. Normalmente se trata de tejedas mixtas con otras especies o bajo dosel de otro arbolado dominante, muy raramente encontramos tejedas casi puras en estrato dominante como ocurre por ejemplo en la de la cara norte de la Peña Carazo, en Burgos (véase foto 1 en anexo). De tipología de tejedas mixtas encontramos una buena variedad, tanto en el mundo eurosiberiano (en hayedos, abedulares, pinares de montaña, etc.), como en el mundo mediterráneo, donde incluso de forma muy esporádica pueden aparecer tejos acompañando a encinares húmedos, o junto a alcornoques, madroños o jarales, en situaciones insólitas.

En las montañas mediterráneas del centro peninsular es posible su presencia en rodales como especie riparia en arroyos y ríos, con fresnos, alisos o sauces. Incluso resulta francamente insólita la imagen de grupos de tejos siendo trepados por las zarzaparrillas (*Smilax aspera*) o viviendo junto a palmitos (*Chamaerops humilis*) en algunas montañas levantinas y de la costa catalana (por ejemplo en la Sierra de Cardó), aprovechando la humedad del mar.

En definitiva, el tema de las tejedas o agrupaciones de tejo es muy controvertido y falto de información, pero tenemos ya un gran cúmulo de datos para abordar su estudio con profundidad en el futuro.

Usos y utilidades. Etnobotánica y cultura

Es este otro de los aspectos en los que más hemos profundizado en estos años. En el contexto histórico se conocen gran cantidad de datos y curiosidades sobre el tejo en toda Europa, que hemos recopilado, muchas de ellas se mueven entre el mito y la realidad. Se conoce la utilización de la madera de tejo con seguridad desde hace más de 400.000 años, pero es en el Neolítico, hace unos 5.000 años, cuando los restos son más abundantes, como el conocido ejemplo del hombre de los Alpes (Otz, Suiza) descubierto en 1991 y, más recientemente, los descubrimientos del lago de Banyoles (Girona), donde aparecen mangos y arcos de madera de tejo datados mucho antes, hace unos 7.000 años.

Son clásicas las descripciones de autores romanos, incluso la clásica de Julio César, sobre los pueblos prerromanos y la utilización del tejo como veneno. Conocemos en la Edad Media la importancia que tuvo el tejo en la fabricación de arcos y ballestas en toda Europa como ventajosa arma militar. La primera tesis sobre el uso del veneno de tejo y otras curiosidades data del siglo XIX, fue realizada por el holandés VAN DER HARST (CORTÉS & *al.*, 2000).

Pero nosotros nos hemos centrado sobre todo en estos años en la **etnobotánica ibérica**, recopilando todos los usos populares antiguos o actuales y su posible vigencia, proyecto de recopilación que hemos denominado *Etnobotanibérica*. Si bien ha sido importante el uso de su madera, considerada imputrescible, muy resistente y de alta calidad, el tema de su uso puntual en la medicina popular es el que más llama la atención, con la utilización de hojas o cortezas de tejo en determinadas dolencias tales como odontalgias, quemaduras, cistitis, etc.

En el capítulo de ritos y rituales, hay que referirse a la utilización actual de las ramas de tejo como ramo bendecido el Domingo de Ramos o para engalanar ermitas, altares o arcos ceremoniales religiosos, que sigue presente en algunos territorios del norte y centro peninsular, como el que realizan los Quintos en algunos pueblos del sur de Gredos. Una ponencia completa de todos estos aspectos, fue realizada por nosotros mismos para las *II Jornades sobre el Teix a la Mediterrània Occidental* en Olot, Girona (VV. AA. 2010).

Toxicología. Fitoterapia. Farmacología

De todos los aspectos relativos al tejo, el más llamativo ha sido siempre su toxicidad, tanto para el ganado como para los seres humanos. Sin embargo esta toxicidad es relativa y no siempre evidente, como hemos aprendido a lo largo de estos años, ya que depende de diversos factores, como son: el momento del árbol, el tipo de animal consumidor (sabemos que los animales silvestres han aprendido a comer dosis precisas de hojas

y corteza, no así los domésticos, de ahí los frecuentes envenenamientos de éstos), la época del año y la parte del vegetal consumida. Se sabe con seguridad que entre los herbívoros, los animales más afectados son los equinos y los no rumiantes en general. Para el ser humano la toxicidad teórica es alta a dosis bajas, pero se conocen muy pocos casos de muerte y estos se refieren sobre todo al pasado o con fines suicidas, pero existen casos de intoxicación, incluso al trabajar artesanalmente la madera o tallarla. Otros casos de envenenamiento algo más frecuentes se han presentado en niños (atraídos sin duda por el color rojo del arilo), con algunas llamadas a los servicios y centros de toxicología médica.

Los caballos y burros son los animales más afectados, con algunas noticias espectaculares de muerte de estos animales por consumo de tejo. Los cérvidos y caprinos salvajes parecen buscar claramente al tejo entre sus preferencias para alimentación en algunos casos. En los conejos y las aves existen opiniones variables sobre su grado de toxicidad, según los autores consultados.

A pesar de su toxicidad, ya hemos comentado que se ha usado, aunque poco y puntualmente, en etnomedicina en nuestro país y fuera de él. Quizá esto fuera la base de los estudios fitoquímicos realizados de búsqueda de principios activos (*screening*) del el tejo en Estados Unidos a finales de la década de los 50 del pasado siglo. El resultado no pudo ser más sorprendente, al encontrar moléculas diterpénicas muy activas como antitumorales (taxanos: taxol y similares), lo que dio como consecuencia la famosa polémica en los ochenta sobre la dialéctica entre la salvación de vidas humanas o la extinción de los tejos del Pacífico (*T. brevifolia*), que fueron talados masivamente para este fin, al igual como posteriormente otras especies del Himalaya, principales fuentes originales de taxoles, hoy en día por fin obtenidos de las hojas por semisíntesis.

En la farmacología antitumoral actual resultan imprescindibles los taxanos. Se comercializan en el ámbito hospitalario tres taxanos de origen semisintético, ya que la síntesis química total es inviable económicamente. La diversificación del origen de los taxanos utilizados en terapéutica hace que pueda ser compatible actualmente la mejora de la salud y el avance farmacológico con la conservación de la biodiversidad; tema del que hay mucha información y del que hemos hecho algunas aportaciones en las diversas jornadas y congresos que ha habido en los últimos años (VASCO & LOZANO en VVAA., 2013).

Aunque en algunas publicaciones se ha sugerido la posibilidad de que ciertas moléculas del tejo pudieran tener propiedades psicoactivas, nada hay demostrado de esto por el momento. Tiene que ver con ello el hecho de que determinadas culturas en el pasado hayan tenido una relación mágica o sagrada con la especie, incluso en nuestro país, tema controvertido éste y en fase de estudio.

Cultivo y propagación. Jardinería

Su bello porte y su carácter perennifolio, así como la capacidad para soportar bien el recorte y rebrotar, hacen que se utilice el tejo desde muy antiguo como árbol ornamental en jardinería, sobre todo en Centroeuropa, aunque también debió cultivarse en la antigüedad, por ejemplo por parte de los egipcios, griegos o romanos. La costumbre de plantarlo en las puertas de las casas, pallozas, ermitas, santuarios o en cementerios, quizás venga de época prerromana o precristiana y por tanto pagana.

Su propagación es relativamente fácil cuando se trata de ejemplares cultivados, pero en los ejemplares de origen silvestre resulta más complicado. Se puede reproducir por semilla o propagar mediante esqueje. También se ha experimentado mucho la propagación *in vitro*.

La semilla tiene dormición doble. Necesita en la naturaleza de la intervención de los ácidos de estómagos de los animales consumidores para despertar (endozocoria), por lo que en vivero hay que darle un tratamiento previo de limpieza de arilo y luego una estratificación en frío. Plantada directamente sin más, germina en muy baja proporción y tarda dos años o más en salir. Basados en las observaciones de la naturaleza, lo mejor en plan casero es utilizar semillas procedentes de los excrementos de mustélidos, zorros o tordos para tener éxito en la germinación de la semilla. Como hemos dicho, la hidrocoria parece haber representado un sistema complementario de propagación importante en los refugios riparios o ripícolas mediterráneos.

Árbol de gran **valor ornamental** tanto por su follaje, como por su silueta, es muy adecuado para todo tipo de jardines. Se conocen ejemplares cultivados muy viejos únicos, enormes, asociados generalmente al culto funerario o religioso, principalmente en lo que se viene denominando “arco atlántico europeo”, área atlántica que va desde el País Vasco, Galicia hasta Escocia por Bretaña, Normandía y todo el oeste europeo, formando parte de una cultura muy antigua de gran valor, que hay que mantener y recuperar para las generaciones futuras. Para más información sobre este tema véase los trabajos de Fred HAGENEDER (2007) o de Ignacio ABELLA (2009).

Se conocen decenas de variedades o cultivares de jardinería; entre ellas es muy conocido el tejo irlandés o variedad *hibernica* (o *pyramidalis*) de *Taxus baccata*, de gran significado simbólico y religioso en Irlanda e Islas Británicas. Este tipo de formas de crecimiento vertical alargado (tipo ciprés) son mutaciones que se dan muy raramente en la naturaleza en distintas especies, pero que son seleccionadas para cultivo. Es muy probable que esta variedad proceda de la naturaleza en origen, como hemos visto en un ejemplar natural encontrado por nosotros en un barranco de Segovia, que presenta esa forma.

El arte de la **topiaria** o del recorte está muy extendido en Europa, sobre todo en la jardinería clásica francesa, siendo el tejo uno de los más adecuados para este tipo de setos, parterres y figuras.

El cultivo en viveros necesita sustrato bueno y riego abundante disponible. Tenemos algo de experiencia, tanto en ARBA como en AATT (no estrictamente profesional) en la propagación de tejos silvestres y cultivados, incluso estamos llevando a cabo la creación de una colección de descendientes de algunos de los tejos más notables y emblemáticos de nuestro país. Se han realizado plantaciones educativas siempre respetando el origen de la semilla y en los lugares más adecuados para su supervivencia.

Ejemplares singulares. Longevidad. Tejos de culto. Conservación y amenazas

Como ya hemos dicho, la especie se caracteriza por su gran longevidad, tamaño y potencial grosor, conociéndose en España y fuera de ella múltiples ejemplares centenarios, e incluso milenarios, que superan los 100 o 150 cm de diámetro. En cuanto a la edad de los tejos mucho se ha especulado, siendo un tema en la actualidad muy controvertido, ya que la velocidad de crecimiento parece ser muy variable según la edad del ejemplar, las condiciones de crecimiento y clima. Además la capacidad ya comentada de la especie, de regenerar sus tejidos, cerrar grietas y heridas o fusionar troncos, hace que en muchos casos sea imposible conocer la edad ni siquiera aproximada. Se calcula que ejemplares de 2 m de diámetro podrían llegar a tener edades que oscilan entre 2.000 y 5.000 años, siendo considerados de entre los seres más longevos, al menos en Europa. Esta longevidad se ha asociado desde antiguo con la inmortalidad o la eternidad en las culturas del pasado.

Entre estos grandes **ejemplares singulares** o notables, los hay silvestres y cultivados. Destacan entre estos últimos los de culto, asociados a cementerios, iglesias, santuarios o ermitas, de los que ya hemos hablado anteriormente. En España hay al menos una cincuentena de ejemplares con esas tallas que oscilan entre 1'5 y 2 m de diámetro. Unos veinte de ellos son muy famosos, venerados y muy visitados; la mayoría están protegidos por ley, al menos en la teoría.

El tejo como especie en general está protegida en casi todas las regiones españolas por legislaciones autonómicas o locales, al menos como “De Interés Especial”, con algunas ausencias notables como las de Galicia o Aragón. La Comunidad Autónoma de Murcia es la única región autónoma donde no existe tejo silvestre en la actualidad y Asturias es la única región que tiene declarados tejos de culto monumentales, con la categoría de BIC (Bien de Interés Cultural) desde 2014.

Pero los tejos no se han librado de los problemas y amenazas de **conservación**, sino todo lo contrario. Siendo una especie arbórea casi siempre escasa de forma natural, su relación con los seres humanos ha sido compleja desde siempre, relación que podemos calificar de amor/odio. Por una parte, se perseguían y se talaban fuertemente los tejos por su madera y su toxicidad para el ganado, y por otra, siempre ha habido una cierta admiración y simpatía por su rareza, originalidad y valor ornamental.

En España los ganaderos solían eliminarlo y entre los gestores del monte siempre ha habido una indiferencia o falta de valoración, siendo considerado un estorbo a la explotación forestal. En la actualidad esto ha cambiado, ha surgido un interés general y admiración por la especie, que se considera incluso un buen indicador de calidad ambiental. Esto ha ido aparejado en los últimos 30 años de una fama o moda excesiva de aprecio y deseo de conocer los viejos tejos y tejedas, promovida muchas veces por la propia Administración que los despreciaba anteriormente, favoreciendo las visitas a los grandes tejos y tejedas notables silvestres más emblemáticas de nuestro país, lo cual plantea problemas de conservación sobre la especie y el hábitat.

En la actualidad existen varios problemas planteados en este sentido y en relación con la gestión del tejo y de las tejedas, polémica suscitada en cuanto a favorecer o restringir las visitas, con posturas encontradas relacionadas con criterios de adecuación de las visitas a estos verdaderos santuarios de la naturaleza. La polémica está servida, ya que se llevan políticas muy diferentes en las distintas autonomías y territorios. Hay problemas también con la gestión de determinados tejos de culto y la restauración de edificios artísticos asociados a los árboles.

En definitiva, podemos decir que los problemas de conservación más importantes que tienen planteados los tejos se refieren a la tala, explotación forestal no ecológica, presión de los herbívoros y la ganadería, incendios, ausencia de regeneración por cambio climático, turismo verde mal entendido, gamberrismo y la presión indirecta de dichas visitas. Tema, este último, que es muy grave en la actualidad y en aumento, como se ha mostrado en algunas ponencias de estas mismas *Jornadas*. (Véase en estas mismas actas la ponencia *El tejo en Internet* de F. GONZÁLEZ DE DIOS.)

Educación ambiental. Ecologismo. AATT

Ante los problemas citados anteriormente se impone una educación ambiental actual y futura y un cambio de actitud definitivo sobre la especie. En este sentido, determinadas organizaciones ecologistas han jugado un papel muy importante y es muy de agradecer.

En algunos casos, una educación ambiental mal entendida ha funcionado como efecto contrario, nos referimos a la divulgación inadecuada de determinadas localizaciones de tejos y tejedas en medios naturales aislados y sensibles, cuya presión de visitas termina por hacer real alguna de aquellas frases hechas que aseguran “la fama mata”, perfectamente aplicables a estos casos.

Dentro de los objetivos de estudio, investigación, divulgación, denuncia y defensa activa de los tejos y tejedas, destaca ARBA (*Asociación para la Recuperación del Bosque Autóctono*) como uno de los grupos ecologistas que ha trabajado y trabaja en defensa de los árboles autóctonos en general y su significado cultural. Del que, al hilo de otros grupos europeos similares, surge posteriormente la *Asociación de Amigos del Tejo y las Tejedas* (AATT) como grupo de referencia de ámbito nacional, que agrupa a diversos expertos y simpatizantes en el tema, al cual pertenecemos y representamos aquí. Grupo de referencia para asesorar en todas las cuestiones relativas a esta especie arbórea, a disposición de quien los solicite.

CONCLUSIONES. FUTURO: Reflexiones y sentimientos personales

- El futuro sobre el conocimiento y la valoración de la especie está servido. Hay muchas líneas de investigación abiertas y mucha más gente trabajando en la especie que hace 30 años. Algunas de las ideas que se daban por seguras sobre la biología y la ecología de la especie se tambalean.
- El tejo se plantea como una especie polivalente muy importante, con múltiples aspectos de interés, tanto biológicos y ecológicos, como culturales y humanos. Una de las especies clave del futuro, por ejemplo en investigación biomédica o en seguimiento como bioindicador para el cambio climático.
- Hay muchísima información sobre el tema, se ha duplicado exponencialmente los trabajos de toda índole en nuestro país y fuera de él, información en muchos casos colgada en la Red y de acceso sencillo para cualquiera, información que hay que saber utilizar a favor de la especie.
- Se han realizado en los últimos ocho años, cuatro jornadas internacionales sobre el tejo, hecho sin precedentes, de cada una de las cuales existe información de síntesis que abarca todos los campos del saber, con trabajos divulgativos y científicos de alta calidad que se pueden consultar en sus Actas correspondientes.

Pero más que dar unas conclusiones aquí, lo que pretendíamos expresar va más allá de lo estrictamente

profesional. Y es lo que ha supuesto para nosotros como personas introducirnos en el mundo de los tejos, que ha sido mucho más que el simple conocimiento botánico. A pesar del paso de los años, la especie sigue para nosotros envuelta en un halo de misterio e interrogantes y sigue siendo motivo de disfrute, con nuevas emociones y vivencias cada vez que visitamos nuevas localidades y nuevas poblaciones, cada una con sus características peculiares. Como en tantos otros temas de la vida ocurre que cuanto más profundizas y más años dedicas, menos sabes y más incógnitas de futuro se van abriendo a nuestro paso.

AGRADECIMIENTOS

A buenos amigos y compañeros que han aportado ideas para el presente artículo, especialmente: Simón Cortés, Helios Sainz Ollero, Fausto González de Dios, Prudencio Fernández González, Xavier García Martí, Juan Antonio Durán y otros que nos olvidamos.

BIBLIOGRAFÍA

- ABELLA, I. (2009). *La cultura del tejo*. La editorial de Urueña. Valladolid.
- BLANCO, E., CASANOVA, E., DURÁN, J. A., FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, P., GILA, J., MARTÍN GIL, T., MATARRANZ, D. & VASCO, F. (2012). *Inventario de tejos y otras especies arbóreas amenazadas o de interés en Segovia. Conocerlos mejor para conservar*. “Becas de Medio Ambiente 2011”. Caja Segovia. Segovia.
- CORTÉS, S., VASCO, F. & BLANCO, E. (2000). *El libro del tejo. Un proyecto para su conservación*. ARBA. Madrid.
- DRAE (2014). <http://www.rae.es/recursos/diccionarios/drae>
- FERNÁNDEZ-MANSO, A., MARTÍNEZ, C. & NESPRAL, A. (2012). *Patrimonio Secreto. Cultura y biodiversidad del tejo en la Cuenca del Sil*. Ed. Asociación A Morteira. León.
- HAGENEDER, F. (2007). *Yew, a history*. Ed. Sutton Publishing Ltd. Gloucestershire.
- HULTÉN, E. Y FRIES, M. (1986). *Atlas of North European Vascular Plants*. Koeltz Scientific Books, Vol. 1-3. 1.172 p.
- LORIENTE, E. (1982). *Árboles singulares de Cantabria*. Diputación Provincial de Cantabria.

PARDO DE SANTAYANA, M., MORALES, R., ACEITUNO-MATA, L. & MOLINA, M. (ed.). *Inventario español de los conocimientos tradicionales relativos a la biodiversidad*. MAGRAMA, Madrid. ISBN: 978-84-491-1401-4 Inventario de conocimientos tradicionales.

SERRA, L. (ed.) (2007). *El tejo en el Mediterráneo occidental*. I Jornadas Internacionales sobre el Tejo y las Tejeras en el Mediterráneo occidental. Alcoy (Alicante), junio de 2006. Actas. Generalitat Valenciana. Alcoy (Alicante).

SOBRÓN, I. (1984). El tejo ha pasado de ser un árbol sagrado a estar en peligro por la acción del hombre. *Quercus*, 15: 20-22.

SPUJT, R. W. (2013). Véase VV.AA. (2013)

VASCO, F. & LOZANO, R. (2013). Véase VV.AA. (2013)

VV. AA. (2008). II Jornades sobre el Teix a la Mediterrània Occidental. Olot (Girona), 26-28 de juny de 2008. Actas. Documentos. *Annals de la Delegació de la Garrotxa de la Institució Catalana d'Història Natural*, vol. 4 (2010).

VV.AA. (2013). *III Jornadas Internacionales sobre el Tejo (Taxus baccata L.). Tejo, Cultura y Biodiversidad*. Ed. Amigos del Tejo y las Tejeras (AATT), ARBA. Madrid.

ANEXO FOTOGRÁFICO



1.- Tejeda de Peña Carazo (Burgos). Foto: Pruden Fernández



2.- Tejo rupícola en Segovia. Foto: Jaime Gila



3.- Constitución de AATT en la Sierra del Suevo (Asturias). Foto: Emilio Blanco



4.- Tejo, mucho más que una especie arbórea. Atracción y misterio. Foto: Emilio Blanco



5.- Estatua de Ambiórix caudillo de los eburones. Tongeren (Bélgica). Foto Emilio Blanco



6.- Tejo en el seno de una formación de *Pinus sylvestris*. Guadarrama. Madrid. Foto Emilio Blanco



7.- Tejo rupícola relictos en la Sierra la Paramera. Foto Emilio Blanco

Situación actual de las tejedas de los Montes Aquilianos

ALONSO, A.¹, FERNÁNDEZ-MANSO, A.², ARTIME, I.³, VALBUENA, L.¹

¹Área de Ecología. Dept. Biodiversidad y Gestión Ambiental. Fac. CC. Biológicas y Ambientales. Universidad de León. 24071. León.

²Área de Ingeniería y Ciencias Agrarias. Dept. Ingeniería Agroforestal. E.S.T.I.A. Universidad de León. Campus de Ponferrada. 24401 Ponferrada (León).

³Junta de Castilla y León. Ponferrada.

ABSTRACT

Yew (*Taxus baccata* L.) is a singular tree species, with special representation in northwestern of Spain. These include the “Montes Aquilianos”, our study area. The objective pursued is to know the status of some of the yew that are located in the “Montes Aquilianos”. By analyzing the state of the population and their ability to survive long term; through the development status of current individuals and soil seed bank. To this end, measures of each of the individual were taken of: development stage (adult, juvenile and briznal), height, basal diameter and sex. On the other hand, the viability of the seeds was analyzed by tetrazolium colorimetric test. This giving rise to three populations with completely different structures: a population dominated by adult yews rupicolous and low regeneration of yew with severe damage from herbivory; on the other hand, a population of yew with high proportion of juveniles and a large amount of regeneration. And finally highlights an aging population without regeneration. Concerning seeds, we found a low viability and a high percentage of seeds preyed mainly by mice and dormice.

KEY WORDS

Taxus baccata, population structure, regeneration, seed viability, Montes Aquilianos.

INTRODUCCIÓN

Cuando hablamos de tejedas, no nos referimos a un bosque puro y denso de tejos, ya que éstos son prácticamente inexistentes, sino a cualquier concentración de tejos más o menos densa, pura o mixta; o incluso bajo el dosel arbóreo de otro bosque dominante. Se debería hablar, realmente, de agrupaciones de tejos (CORTÉS *ET AL.*, 2000).

En España las tejedas y los rodales de tejos atlánticos y mediterráneos han sido incluidos dentro del tipo de hábitat 9580*: Bosques Mediterráneos de *Taxus baccata*, que figura como hábitat prioritario en el Anexo I de la Directiva 92/43/CEE relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestre.

En Castilla y León sobreviven varias de las mejores agrupaciones de tejo de la Península Ibérica. (CORTÉS

ET AL., 2000; ORIA DE RUEDA, 2003). El tejo en Castilla y León, según el Decreto 63/2007, de 14 de junio, está catalogado como “especie de atención preferente”; y el propio decreto exige la redacción de un Plan de Manejo de la especie. Por lo tanto, es esencial conocer los procesos ecológicos que dan lugar a la regresión de las poblaciones en ámbitos locales. Para evaluar dichos procesos ecológicos, se procede al estudio de las limitaciones o colapsos en el ciclo de regeneración de la especie en sus ambientes naturales (GARCÍA, 2007). Pudiendo clasificar este proceso en distintas fases fenológicas (JORDANO *ET AL.*, 2004):

- **Producción de semillas viables:** limitada por procesos de aborto y el ataque de depredadores de semillas mientras éstas se desarrollan.
- **Dispersión:** los pájaros frugívoros son los principales dispersantes de las semillas de tejos (BARTKOWIAK, 1978).
- **Persistencia postdispersiva:** en la que las semillas pueden morir debido a los depredadores, o no germinar por no encontrar las condiciones abióticas adecuadas. Así, principalmente lirones caretos (*Eliomys quercinus*), ardillas (*Sciurus* sp.) y ratones silvestres (*Apodemus* sp.), depredan altos porcentajes de semillas de tejo del suelo (HULME, 1996).
- **Germinación de las semillas.** El proceso germinativo de las semillas de tejo es largo, de uno a tres años e inclusive más, dependiendo de las condiciones de humedad, luz y temperatura (CORTÉS *ET AL.*, 2000).
- **Establecimiento de la plántula recién germinada,** que es especialmente vulnerable tanto a factores abióticos (sequías y heladas) como a factores bióticos (herbívoros). En el caso de las tejedas, el herbivorismo por ganado ha sido sustituido por el herbivorismo de ramoneadores de gran tamaño como el ciervo, corzo o cabra montés debido al éxodo rural (FERNÁNDEZ-MANSO *ET AL.*, 2012; NIETO & NÚÑEZ, 2012; ORIA DE RUEDA, 2007).
- **Persistencia de juvenil a adulto:** aún pueden producirse pérdidas y mortalidad de individuos por herbivoría, fuegos o desmontes.

El objetivo del presente trabajo es conocer el estado de algunas de las tejedas situadas en los Montes Aquilianos (Bierzo, León):

- Se estudiará el estado de la población y capacidad de supervivencia a largo plazo; para ello se estudiarán los individuos actuales, su estado de desarrollo, así como el banco de semillas del suelo y condiciones en las cuales se encuentra.
- Así mismo se analizarán los posibles impactos que sufren estas poblaciones de tejos en el entorno del Bierzo.

MATERIAL Y METODOS

Área de estudio

En el presente trabajo se pretende analizar el estado de algunas de las tejedas situadas en los Montes Aquilianos, pertenecientes a la Comarca de El Bierzo (León).

Nuestra área de estudio se localiza dentro de la ZEPA (Zona de Especial Protección para las Aves) con código ES4130022, denominada Montes Aquilianos, y también se encuentra bajo la influencia del LIC (Lugar de Interés Comunitario) con código ES4130117, denominado Montes Aquilianos y Sierra del Teleno.

Las tejedas seleccionadas para ser objeto de estudio se sitúan en los municipios de Ponferrada y Priaranza del Bierzo. Dentro del municipio de Ponferrada, en San Pedro de Montes de Valdeusa se sitúan dos de las tejedas objeto de estudio, Montes de Valdeusa (Tejeda 1) y Las Furnias (Tejeda 2), en el municipio de Priaranza del Bierzo, se encuentra la tercera tejeda, El Ferradillo (Tejeda 3) (Fig. 1).



Figura 1. Mapa de localización de las tejedas en los municipios de Ponferrada y Priaranza del Bierzo. Elaboración propia.

Una vez situadas las tres tejedas, se pasa a realizar una descripción física de cada una de ellas. Dada la cercanía de las tejedas 1 y 2 la caracterización física de las mismas se va a realizar de forma conjunta:

- **Tejeda 1 y 2 - Montes de Valdeusa y Las Furnias:** se sitúan sobre un suelo calcáreo de textura arenosa y con un grado de humedad elevado. En esta población, podemos diferenciar dos microhábitats, localizado en las rocas calcolomíticas se encuentra un encinar abierto, con una cobertura del 30%. El otro microhábitat es el típico bosque de ribera donde se pueden observar una amplia mezcla de especies como *Fraxinus excelsior*, *Corylus avellana* o *Sorbus aucuparia*.
- **Tejeda 3 – El Ferradillo:** Esta población de *Taxus baccata* es característica por situarse sobre unos crestos rocosos y dolomíticos conocidos a nivel popular como Peñas de Ferradillo. Estas peñas, funcionan como unas pequeñas islas biogeográficas que son colonizadas por plantas de apetencia calcícola y terrenos silúricos mayoritariamente, compuestos por pizarras y cuarcitas. Destacando las comunidades relictas de *Petrocoptis viscosa* y *Geranium dolomiticum*, este último exclusivo de las Peñas de Ferradillo y catalogada en “peligro de extinción” según el Decreto 63/2007.

Metodología

Para el estudio de la estructura de la población se procedió a la medición de los siguientes parámetros en cada individuo, repitiéndose el mismo procedimiento en las tres poblaciones de tejo estudiadas:

- **Estado de desarrollo:** *briznal* (con diámetro inferior a 0,15 cm), *juvenil* (con una altura < 1,5-2 m y diámetro basal < 3-4 cm) o *adulto* (con una altura > 1,5-2 m y diámetro basal > 3-4 cm).
- **Altura**
- **Diámetro basal:** a una altura aproximada de 1,30 m.
- **Sexo**



Figura 2. Muestra de suelo. Autor: Alba Alonso.

Para el análisis del banco de semillas del suelo se utilizó el método directo (THOMSON, 1997), para ello se recogieron muestras de suelo (20x20 cm y 5 cm de profundidad) (Fig. 2), procediendo posteriormente a la separación e identificación de semillas presentes en la muestra, la distribución de la recogida de las muestras se realizó de la siguiente manera, debido a las características de cada tejeda:

Tejeda 1-Montes de Valdueza (Fig. 3): se diferenciaron cuatro zonas de muestreo en función de la altura de la ladera, designadas como zona A (parte alta de la ladera), B, C y D, en cada una de las zonas se recogieron tres muestras de suelo.



Figura 3. Vista parcial de la Tejeda Montes de Valdueza.

Tejeda 2-Las Furnias: en esta población de tejos (Fig. 4) se diferenciaron tres zonas de muestreo, separadas por el transcurso del arroyo Pico Tuerto, designadas como zona A, B y C y con tres muestras de suelo en cada zona.



Figura 4. Imagen de un tejo adulto y sus descendientes en la Tejeda Las Furnias. Autor: Isidro Canóniga.

Tejeda 3- Ferradillo: debido a la peculiaridad de su situación sobre las conocidas “Peñas de Ferradillo” (Fig. 5), solo se recogieron 3 muestras en toda la zona de estudio, ya que el único lugar con presencia de suelo, era bajo los mismos ejemplares de tejo ya instalados.



Figura 5. Vista general y detalle de la Tejeda El Ferradillo sobre las “Peñas de Ferradillo”. Autor: Alba Alonso García.

Para la determinación de la viabilidad en el laboratorio se realizó el *test colorimétrico del tetrazolio*, aunque previamente fue necesario preparar las semillas para su inmersión en la solución de 2, 3, 5-trifeniltetrazolio. La preparación de las mismas consistió en realizarlas un corte longitudinal, para dejar visible los tejidos internos de la semilla; A continuación, se sumergieron las semillas ya cortadas longitudinalmente durante 24 horas entre 20-25 °C; este compuesto es incoloro y soluble en estado oxidado y al tomar los electrones transferidos en el proceso respiratorio de la semilla se reduce dando lugar a trifenil-formazán que es insoluble y presenta un color rojizo (Fig. 6).



Figura 6. Semillas de tejo. Test del Tetrazolium. Autor: Alba Alonso García.

Tratamiento de datos

Una vez obtenidos los datos poblacionales, se procedió a su análisis calculando el Índice de Rejuvenecimiento (IR) propuesto por GÓMEZ & MAYORAL, en 2001; el cual pretende reflejar la tasa de renovación de la población, es decir, si se trata de una población envejecida o existe un reemplazo generacional. Dado que no siempre ha sido posible determinar el estado de desarrollo de los individuos, se han calculado dos índices de rejuvenecimiento para tratar de abarcar un cierto rango de posibles errores:

Un valor del IR (Índice de Rejuvenecimiento) igual a 1, significaría que todos los tejos de esta población son juveniles y un valor próximo a 0, indicaría la ausencia de reclutamiento.

Para el análisis de los datos relativos a la viabilidad del banco de semillas del suelo se calcularon porcentajes de todos los parámetros medidos: n° de semillas viables, n° de semillas no viables y n° de semillas comidas para cada una de las zonas de muestro designadas en cada una de las tres poblaciones de tejo estudiadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estructura de la población

Se analizó en primer lugar la densidad de individuos en función de la superficie (Fig. 7) para tener una idea del tamaño poblacional de las tejedas estudiadas. Siendo la Tejeda Las Fumias la que mayor densidad de individuos presenta, con aproximadamente 60 individuos por hectárea; por el contrario, la Tejeda El Ferradillo presenta una muy baja densidad al encontrarse un bajo número de ejemplares en una amplia extensión, pudiendo distar hasta 200 m de separación de un ejemplar a otro.

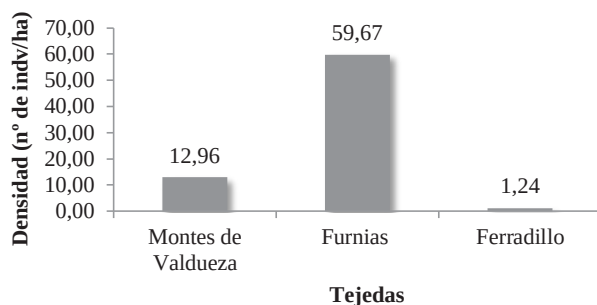


Figura 7. Densidad de individuos por hectárea en cada una de las poblaciones de tejo estudiadas.

Una vez conocido el tamaño poblacional, se analiza la distribución de individuos, de cada población en función de su estado de desarrollo (Fig. 8), para el cual se han establecido 3 categorías (adultos, juveniles y briznales, los últimos no se han encontrado en ninguna de las tejedas estudiadas). En la Tejeda Montes de Valdeueza, son los tejos adultos los que dominan sobre los juveniles; por el contrario la gran cantidad de ejemplares juveniles son lo

que destacan en la Tejeda Las Fumias; y en la Tejeda El Ferradillo solo encontramos ejemplares adultos, sin presencia alguna de juveniles.

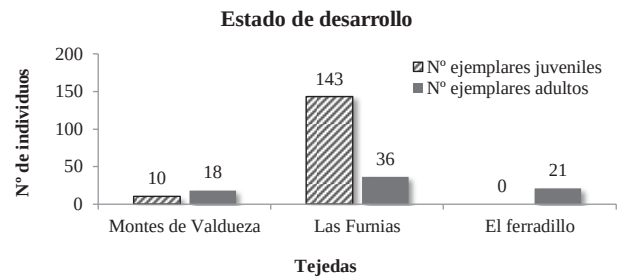


Figura 8. Estado de desarrollo de los ejemplares determinados en cada una de las tejedas: Montes de Valdeueza, Las Fumias y El Ferradillo.

En función del número de ejemplares juveniles y adultos se ha calculado el Índice de Rejuvenecimiento (IR) relativos a cada una de las poblaciones, lo cual se representa en la figura 9, mostrándose los valores del Índice de Rejuvenecimientos resultantes en sus dos variantes: IR1 (cuando solo se tienen en cuenta los pies determinados) y IR2 (cuando se tienen en cuenta todos los pies que forman la población).

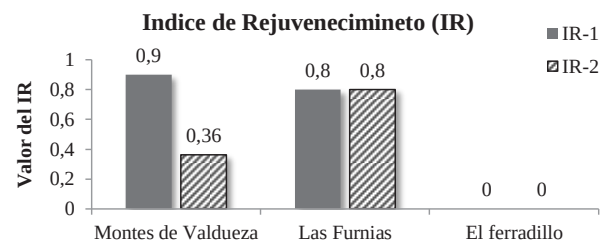


Figura 9. Índice de rejuvenecimiento (IR1 e IR2) para cada una de las tejedas: Montes de Valdeueza, Las Fumias y El Ferradillo.

Otra forma de caracterizar la estructura de una población es realizando una clasificación dendrométrica en torno a la altura, para lo cual se establecieron 9 rangos de altura, y así poder comparar las tres tejedas en diferentes estadios de alturas. A continuación en la figura 10, se muestra la clasificación de los individuos por alturas en la Tejeda Montes de Valdeueza; en la que la mayoría de los ejemplares, en concreto 17, sobrepasan los 4 metros de altura. Los tejos juveniles aparecen ramoneados y con serios problemas de desarrollo. Y destacan los tejos adultos que se encuentran relegados en las grietas de la beta caliza y en zonas de pedreras donde la accesibilidad es más difícil para el ataque de sus posibles consumidores, animales domésticos o corzos y ciervos (CORTÉS *ET AL.*, 2000).

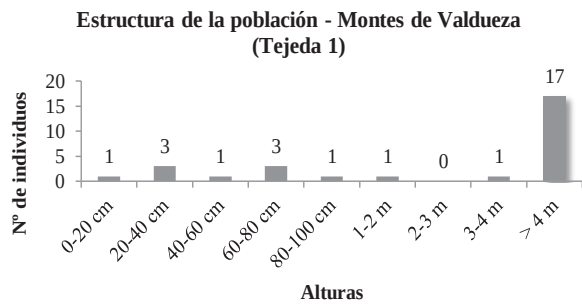


Figura 10. Estructura de la población en número de individuos por clases de altura en la Tejeda Montes de Valdeueza.

La clasificación de los individuos por alturas para la Tejeda Las Furnias (Fig 11), da lugar a un gran número de ejemplares situados entre 1 y 2 metros, considerados tejos juveniles. Esta característica nos permite afirmar que es la ausencia de herbivorismo y la ayuda por parte del hombre, gracias a los trabajos de mantenimiento realizados, lo que hace que haya presente tanto número de regenerado; garantizando así su conservación y la perpetuidad de esta. En esta Tejeda se encuentran hasta 23 individuos con más de 4 m de altura, considerados tejos adultos. Las siguientes clases más representadas son entre 20-40 cm con 18 ejemplares, de 80 a 100 cm con 17 ejemplares y de 2-3 m de altura con presencia de 12 tejos.

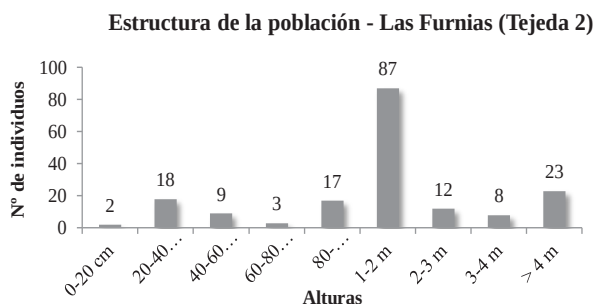


Figura 11. Estructura de la población en número de individuos por clases de altura en la Tejeda Las Furnias.

Es en la Tejeda Las Furnias, donde los tejos son más accesibles y se ha podido medir en un gran número de ejemplares tanto el diámetro como la altura, en la figura 12 se representan los valores medios de ambos parámetros estableciendo las características estructurales para cada una de las zonas de muestreo. Es en la zona señalada como Furnias-C (situada a la izquierda de arroyo Pico Tuerto), donde se encuentra la mayor proporción de juveniles presentando los valores medios más bajos de altura y diámetro. Aprovechando la comparación realizada entre diámetro y altura para esta población, se puede confirmar la existencia de un reemplazo generacional por la abundancia de diámetros de pequeño tamaño en las tres zonas de muestreo de Las Furnias. Ya que el parámetro dendométrico que mejor nos indica el grado de madurez de un individuo es el diámetro de base (ANDRÉS *ET AL.*, 2007).

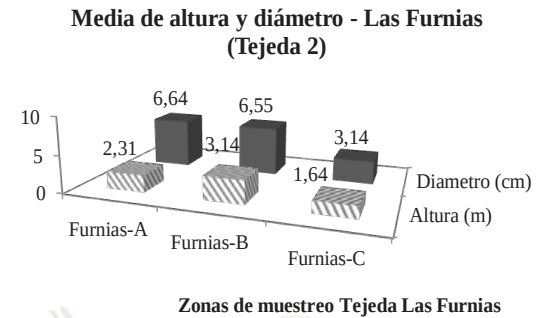


Figura 12. Media de altura y el diámetro de las diferentes zonas de muestreo de la tejeda Las Furnias.

Con respecto a la Tejeda El Ferradillo, la clasificación de los individuos por alturas, se muestra en la figura 13; donde solo se encuentra representada la última clase, ya que todos los tejos que componen esta población, un total de 21 ejemplares, superan los 4 metros y con ello representan una población completamente envejecida. Poniendo en riesgo el futuro de esta población por la falta de regeneración natural que puede tener su origen en dos aspectos, por un lado, su situación característica sobre “Las Peñas de Ferradillo” con poca fracción de suelo disponible; y por otro lado, el riesgo potencial de esta localización de sufrir incendios, teniendo en cuenta que el último registro de un incendio forestal en esta zona data del año 2009. Otro posible inconveniente que dificulta la regeneración natural de esta población, puede ser la existencia de una desproporción de sexos entre los individuos de la población (COSTA, 2007), ya que se tiene constancia de 18 hembras y 3 machos. Esto último, también puede estar influenciado por la distancia existente entre los ejemplares, los cuales si se encuentran muy dispersos no pueden polinizarse, porque el polen masculino no puede alcanzar los árboles hembra y por tanto, no se garantiza la fecundación de las hembras (DRAPER & MARQUES, 2007).

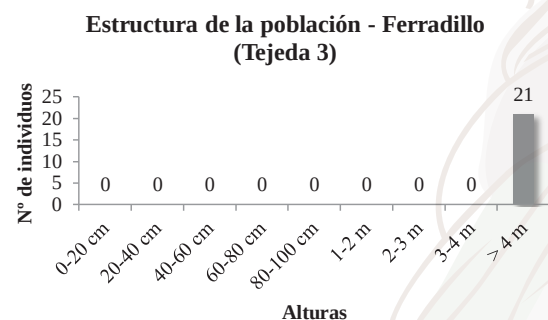


Figura 13. Estructura de la población en número de individuos por clases de altura en la Tejeda El Ferradillo.

Viabilidad de las semillas del suelo

Las semillas recogidas, a través del método directo para el análisis del banco de semillas se contabilizaron como semillas comidas, no viables y viables (aquellas que se

tiñeron al realizar el test de viabilidad-test del tetrazolio) y se muestran de manera separada para cada una de las poblaciones de tejos. En primer lugar, se muestran los resultados obtenidos en la Tejada Montes de Valdeueza (Fig. 14), con un porcentaje de semillas viables de 1,28% y 11,1% en las zonas de muestreo Montes-A y Montes C, respectivamente. Destacando sobre el resto, el 91,6% de semillas no viables en la zona de muestreo Montes-B.

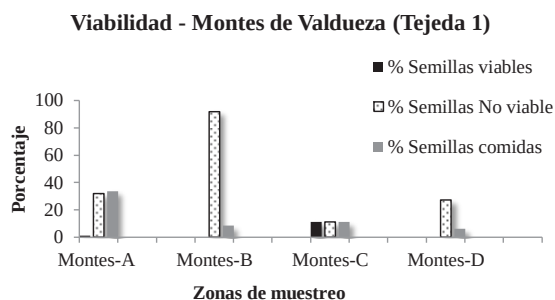


Figura 14. Porcentaje de semillas, en función de su viabilidad o no y de si han sido predadas, en las muestras de suelo recogidas en cada una de las zonas (Montes-A, Montes-B, Montes-C y Montes-D) de la Tejada Montes de Valdeueza.

Entre los resultados de viabilidad obtenidos para la Tejada Las Fumias representados en la figura 15, solo tenemos presencia de semillas viables con un 0.18 % en la zona de muestreo Fumias-B. Y con altos valores de semillas comidas en Fumias-A y Fumias-B con un 65,8% y 94,2%, respectivamente. El principal consumidor de la semilla de tejo es el ratón de campo (*Apodemus sylvaticus*) según Hulme, 1996; esta semilla es elegida por los ratones dado que es energéticamente más rentable al proporcionarles más cantidad de alimento para la misma cantidad de cubierta leñosa que deben eliminar (GARCÍA, 2007).

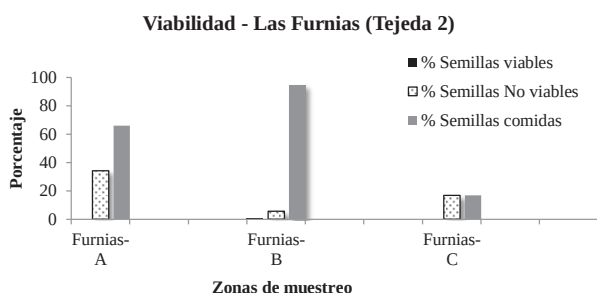


Figura 15. Porcentaje de semillas en función de su viabilidad o no y de si han sido predadas en las muestras de suelo recogidas en cada una de las zonas (Fumias-A, Fumias-B y Fumias-C) de la Tejada Las Fumias.

En la Tejada El Ferradillo, los resultados de viabilidad mostrados en la figura 16; se resumen en una muy baja viabilidad con un 1,02 %; y un porcentaje del 80% de semillas comidas o depredadas. En esta última tejeda, es en la que mayor número de semillas viables se han encontrado (este aspecto puede resultar contradictorio respecto a lo expuesto anteriormente), posiblemente debido a que las muestras fueron directamente recogidas debajo del dosel de tejos hembra.

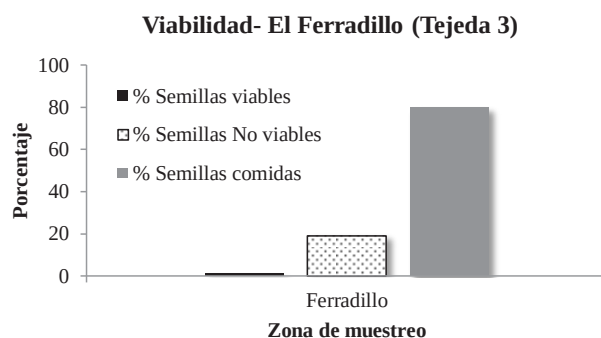


Figura 16. Porcentaje de semillas en función de su viabilidad o no y de si han sido predadas en las muestras de suelo recogidas en la zona de la Tejada El Ferradillo.

Propuestas de gestión para su conservación

A continuación se van a proponer alguna de las medidas de conservación para llevar a cabo en cada una de las poblaciones estudiadas, con la intención de minimizar o mitigar los impactos que ponen en peligro su supervivencia o conservación:

- Para la Tejada Montes de Valdeueza: se podría optar por la introducción de plantas nodrizas, tales como: espinos o escobas, ambos presentes en la zona; las cuales mitigan el efecto negativo de los herbívoros sobre la regeneración del tejo, proporcionando la defensa contra el pasto y pisoteo (GARCÍA & OBESO, 2003).
- Para la Tejada Las Fumias, la medida de conservación más propicia para mantener la estabilidad de esta población, es realizar las necesarias labores de selvicultura para prevenir un posible incendio forestal en dicha zona (FERNÁNDEZ-MANSO *ET AL.*, 2012).
- En la Tejada El Ferradillo, sería necesario realizar una repoblación de tejos macho para equilibrar los sexos y con ello garantizar la fecundación de las hembras, lo que conduce a dar paso a la regeneración natural (ANDRÉS *ET AL.*, 2007). Pero conociendo el riesgo de esta zona a sufrir un incendio, lo más importante es evitar que sea arrasada por los incendios forestales, conservando estas joyas botánicas debido a la edad que presentan.

CONCLUSIONES

El herbivorismo por ungulados es el factor limitante más importante en la regeneración natural de *Taxus baccata* en la Tejada Montes de Valdeueza.

La Tejada Las Fumias con el mayor porcentaje de regenerado, es la población de tejos que presenta una mejor conservación, asegurado la perpetuidad de esta especie en esta localización.

El envejecimiento de la población de tejos El Ferradillo,

con un Índice de Rejuvenecimiento nulo por falta de regeneración natural, pone en peligro la persistencia de esta tejeda.

Destaca el alto porcentaje de semillas predadas, disminuyendo considerablemente el número de semillas disponible para el establecimiento de una nueva plántula.

BIBLIOGRAFÍA

ANDRÉS, J.V., FABREGAT, C., LÓPEZ, S., APARICIO, J.M., PRADA, A., MARTÍNEZ, J., GARCÍA, X., SERENA, V., LÓPEZ, J., HERREROS, R., MARZO, A., CERDÁN, V., BAYARRI, X., BOSCH, F., GÓMEZ, J. & ZREIK, C. (2007) Censos y caracterizaciones de tejedas de la Comunidad Valenciana. En: *El tejo en el Mediterráneo Occidental. Jornadas Internacionales sobre el tejo y las tejeras en el Mediterráneo Occidental*. Serra, L.: (ed.), pp. 127-136. Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge. Valencia, España.

BARTKOWIAK, S. (1978) *Seed dispersal by birds. The Yew Taxus baccata L.* Bartkowiak, S., Bugala, W., Czartoryski, A., Hejnowicz, A., Srodofi, A. & Szaniawski, R.K.: (eds.), pp. 139-146. Warsaw, Poland.

CORTÉS, S., VASCO, F. & BLANCO, E. (2000) *El libro del tejo (Taxus baccata L.). Un proyecto para su conservación*. ARBA.: (ed.) 336 pp. Madrid, España.

COSTA, J.C. (2007) Distribución y ecología de las tejedas en Andalucía: Propuesta de actuaciones de Conservación, Regeneración y Restauración. En: *El tejo en el Mediterráneo Occidental. Jornadas Internacionales sobre el tejo y las tejeras en el Mediterráneo Occidental*. Serra, L.: (ed.), pp. 127-136. Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge. Valencia, España.

DRAPER, D. & MARQUES, I. (2007) *Taxus baccata* en Portugal y sus perspectivas futuras frente al cambio global. En: *El tejo en el Mediterráneo Occidental. Jornadas Internacionales sobre el tejo y las tejeras en el Mediterráneo Occidental*. Serra, L.: (ed.), pp. 171-176. Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge. Valencia, España.

FERNÁNDEZ-MANSO, A., VALBUENA, L., FERNÁNDEZ, O., NÚÑEZ, R., SAN ROMÁN, J.M. & QUINTANO, C. (2012) Análisis territorial y propuestas de gestión de las tejedas del Sil. En: *Patrimonio Secreto. Cultura y Biodiversidad del Tejo en la Cuenca del Sil*. Fernández-Manso, A., Martínez, C. & Nespral, A.: (eds.), pp. 42-53. Ponferrada, España.

GARCÍA, D. & OBESO, J.R. (2003) Facilitation by herbivore-mediated nurse plants in a threatened tree, *Taxus baccata*: local effects and landscape level consistency. *Ecography*, 26, 739-750.

GARCÍA, D. (2007) Regeneración natural y conservación

del tejo (*Taxus baccata* L.) en la cordillera Cantábrica: la importancia de las interacciones ecológicas. En: *El tejo en el Mediterráneo Occidental. Jornadas Internacionales sobre el tejo y las tejeras en el Mediterráneo Occidental*. Serra, L.: (ed.), pp. 31-39. Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge, Valencia, España.

GÓMEZ, M.A. & MAYORAL, O. (2001) *Elaboración de censos, caracterización de las poblaciones y perímetros de actuación de tilos, tejos, enebros marinos y laureles en la Comunidad Valenciana*. Generalitat Valenciana.: (ed.). Inédito.

HULME, P.E. (1996) Natural regeneration of yew (*Taxus baccata* L.): microsite, seed or herbivore limitation? *Journal of Ecology*, 84, 853-861.

JORDANO, P., PULIDO, F., ARROYO, J., GARCÍA-CASTAÑO, J.L. & GARCÍA-FAYOS, P. (2004) Procesos de limitación demográfica. En: *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Valladares, F.: (ed.), pp. 229-248. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF S.A., Madrid.

NIETO, J.E. & NÚÑEZ, J. (2012) Interrelación de la fauna vertebrada con las tejedas del Sil. En: *Patrimonio Secreto. Cultura y Biodiversidad del Tejo en la Cuenca del Sil*. Fernández-Manso, A., Martínez, C. & Nespral, A.: (eds.), pp. 56-67. Ponferrada, España.

ORIA DE RUEDA, J.A. (2003) Los bosques de Castilla y León. *Ámbito*: (ed.). Valladolid, España

ORIA DE RUEDA, J.A. (2007) Conservación y gestión de las tejedas de la Comunidad Autónoma de Castilla. En: *El tejo en el Mediterráneo Occidental. Jornadas Internacionales sobre el tejo y las tejeras en el Mediterráneo Occidental*. Serra, L.: (ed.), pp. 111-117. Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge. Valencia, España.

THOMPSON, K. (1997) *The soil seed Banks of North West Europe: methodology, density and longevity*. Thompson, K., Bakker, J.P. & Bekker, R.M.: (ed.), 276 pp. Cambridge, United Kingdom.

Cambios futuros esperados en la distribución de *Taxus baccata* L. en Catalunya según la variación climática prevista

VÍCTOR ÀGUILA¹, ANTÒNIA CARITAT^{1,2}, ANA RIOS², PERE CASALS², DAVID GUIXÉ², JORDI CAMPRODÒN^{2,3}

¹Universitat de Girona (UdG). vagforest@gmail.com

² Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC)

³ Grup BETA Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es hacer una predicción de cómo podría afectar el cambio climático a la distribución del tejo (*Taxus baccata* L.) en Catalunya. La predicción se ha realizado a partir de diferentes escenarios climáticos para los años 2020, 2050 y 2070-2100, y valorando la distribución actual y potencial del tejo en Catalunya (NE de la Península Ibérica). Además, para completar esta predicción se realiza una evaluación del estado actual de tres Tejadas enmarcadas dentro del proyecto “LIFE Taxus” distribuidas en diferentes regiones bioclimáticas de la región catalana.

PALABRAS CLAVE: cambio climático, perfil ecológico, Catalunya, *Taxus baccata*.

ABSTRACT

The aim of this work is to predict how the distribution of yew (*Taxus baccata* L.) in Catalonia could be affected by climate change. Different climate scenarios (for years 2020, 2050, 2070 -2100) and yew distribution's has been used for doing this prediction. Results were complemented by studying the current situation of three yew forest we selected from different bioclimatic regions in Catalonia.

KEY WORDS

Climate change, ecological profile, Catalonia, *Taxus baccata*

INTRODUCCIÓN

El tejo (*Taxus baccata* L.) ha sido desde tiempos prehistóricos un árbol de gran importancia en las sociedades humanas, tanto a nivel cultural y tradicional como a nivel de recurso forestal. Debido a la fuerte presión que se ha ejercido sobre él y a los cambios de clima que ha habido a lo largo de la historia de la Tierra, *T. baccata* ha sufrido una fuerte reducción de su área de distribución desde el pasado hasta la actualidad. Ahora más que nunca, *T. baccata* se encuentra amenazado, debido a la presión que el hombre ha ejercido sobre esta especie en los últimos años y por el conjunto de cambios ambientales y climáticos que está sufriendo el planeta de

manera acelerada.

Aun con todo, *T. baccata* es una especie de amplia distribución en Catalunya, ya que podemos encontrar individuos de tejo por todos los macizos del prelitoral catalán y el Prepirineo. Las condiciones climáticas, edáficas e hídricas a las que están sometidos los tejos en Catalunya son muy variables.

La finalidad de este trabajo es predecir cómo la distribución actual del tejo puede verse modificada en los próximos años a partir de las predicciones de cambio climático para las próximas décadas según el segundo informe del cambio climático en Catalunya.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología se dividió en dos partes, la primera consistió en la toma de datos en campo para conocer el estado actual de diferentes Tejadas en Catalunya y la segunda consistió en la realización de mapas de hábitat potencial del *T. baccata* en la actualidad y para los próximos años.

DESCRIPCIÓN DE LAS TEJEDAS ESTUDIADAS.



Figura 1. Localización de las áreas de estudio, Alta Garrotxa, Poblet y Llaberia.

Área de estudio

Para la primera parte, se seleccionaron tres zonas de estudio en Catalunya (figura 1), situadas a diferentes altitudes y latitudes y, con características climáticas distintas (tabla 1). La Sierra de Llaberia, el Paraje de Interés Natural de Poblet y la Alta Garrotxa, de sur a norte respectivamente, fueron las zonas escogidas para realizar los análisis de campo.

Se inventariaron un total de 60 parcelas experimentales, 20 para cada zona. Las parcelas fueron delimitadas por un radio de 5 metros a partir de un individuo de *T.baccata* central. En la Alta Garrotxa se realizó el inventario en la finca Orri. En el Paraje de Interés Natural de Poblet se muestrearon dos subzonas distintas separadas por 7 km entre ellas: el Barranc del Títlar y la Pena. En la Sierra de Llaberia también se muestrearon dos subzonas separadas por 6 km entre ellas: Barranc del Teixar y Canal del Roc. Tanto en Llaberia como en Poblet, las subzonas se trataron conjuntamente, ya que para todos los parámetros que se estudiaron, no se dieron diferencias significativas en ningún caso. Se realizó el análisis estadístico ANOVA de un factor con el software estadístico R (R CoreTeam, 2014) para hacer esa comprobación.

Las parcelas experimentales fueron escogidas dentro del proyecto “LIFE Taxus” financiado por el programa LIFE+ de la Unión Europea (www.taxus.cat), en zonas de bosque joven de elevada competencia para llevar a cabo acciones de supresión de parte de esta competencia para facilitar la conservación de las Tejadas.

Zona de estudio	Altitud (m)	Temp. media (°C)	Precipitación (mm)
Garrotxa	831-958	10,4-10,9	1.086-1.119,7
Poblet	972-1.056	11-11,3	710,7-763,8
Llaberia	509-814	12-13,9	653-745

Tabla 1. Rangos de altitud, temperatura y precipitación en las que se encuentran las parcelas en cada zona.

Mediciones en campo y tratamiento de datos.

En cada parcela se identificaron y contaron todos los individuos arbóreos y arbustivos, se midió la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP). Con estos datos, se realizó una compleja descripción de las masas forestales estudiadas que incluyeron la composición arbórea y arbustiva, la estructura vertical (alturas) y horizontal (densidad y estructura diamétrica), la diversidad arbórea y la riqueza que se calculó con el software estadístico R (R CORETEAM, 2014) con el paquete “Biodiversity-R” (KINDT, R.&COE, R., 2005). También se comprobó la similitud de la vegetación en las parcelas, con un análisis clúster de similitud realizado con el software estadístico R (R CORETEAM, 2014) con el paquete “Vegan” (OKSANEN, J.;BLANCHET, G.&KINT, R., 2013). En

$$\delta^{13}\text{C}(\text{‰}) = \left[\left(\frac{R_{\text{sample}}}{R_{\text{standard}}} \right) - 1 \right] \times 1000$$

Figura 2. Ecuación para el cálculo de la abundancia natural de C, que relaciona el ratio de C¹³/C¹² de las muestras con una muestra estándar.

la descripción de la masa forestal también se incluyó la regeneración del *T.baccata*.

Crecimiento foliar y estrés hídrico

Otros parámetros que se utilizaron para conocer el estado de las Tejadas fueron los crecimientos de los brotes y el estrés hídrico de *T.baccata*, para ello se emplearon las hojas y brotes del individuo del *T.baccata* central de cada parcela. Se midieron los brotes de las hojas para los años 2012 y 2013, con lo cual se consiguió conocer el crecimiento de esos años. Las mediciones se realizaron con una cinta métrica y se seleccionaron 3 ramillas a diferentes alturas de cada individuo central, con un total de 180 muestras de 60 individuos. Simultáneamente a estas mediciones, para estimar el estrés hídrico, se extrajeron muestras de hojas de estos individuos; estas se secaron durante 48 horas en una estufa a 60°C y se trituraron en un molino de bolas durante 30 segundos, posteriormente se pesaron 1,6-2 µg de la muestra en polvo. La relación de los isótopos de C (δ13C, figura 2) se obtuvo con un analizador elemental conectado a un espectrómetro de masas isotópicas (PDZ Europe ANCA-GSL interfaced to a PDZ Europe 20-20 IsotopeRatio Mass Spectrometer – IRMS–, Sercon Ltd. Cheshire, UK). Se utilizaron un total 140 muestras de diferentes individuos. El análisis de los resultados obtenidos en el estudio de δ13C se realizó con el software estadístico SPSS. Este análisis consistió en observar la correlación entre el valor de δ13C con otros parámetros de la masa forestal (AB del conjunto de individuos adultos de la parcela, AB de los perennifolios, AB de los caducifolios, AB de los aciculifolios y porcentaje de cobertura del *T.baccata*, del cual se extrajo la muestra). En el análisis se diferenciaron las muestras pertenecientes a individuos adultos (Ø>5cm) de los juveniles (Ø<5cm) y las pertenecientes al clima mediterráneo y al submediterráneo.

Hábitat potencial actual y futuro para *T.baccata* en Catalunya.

Se usó el software de sistemas de información geográfica (SIG) concretamente ArcGIS (ESRI.2008, ArcGIS 9.3, Redlands, CA. USA) para el estudio del perfil ecológico del *T. baccata* y para la realización de mapas de hábitat potencial actual y futuro del *T. baccata*.

Perfil de *T.baccata* en relación a factores climáticos

Se definió el perfil ecológico del *T. baccata* en relación a la precipitación y la temperatura en toda Cataluña superponiendo el mapa de distribución actual del

T.baccata en Cataluña (Fuente: CTFC) a los mapas del atlas climático de Cataluña (Ninyerola *et al.*, 2003, UAB).

Mapas de hábitat potencial actual y futuro

Para realizar los mapas de hábitat potencial del *T.baccata* en la actualidad, en el 2020, 2050, 2070-2100 se empleó el mapa de distribución actual del *T.baccata* (CTFC) y se superpuso a los mapas de temperatura media anual (NINYEROLA *et al.*, 2003,UAB), precipitación media anual (NINYEROLA *et al.*, 2003), radiación solar media anual (NINYEROLA *et al.*, 2003), geología (Fuente: ICGC), usos del suelo (Fuente: CREA), orientación (Fuente: ICC), pendiente (Fuente: ICC), proximidad a los ríos (Fuente: ACA) y aguas subterráneas (Fuente: ACA). De este modo se obtuvieron los requerimientos del *T.baccata* en Catalunya para cada una de las variables mencionadas. Para hacer más preciso el mapa potencial actual, se incorporaron las variables en forma de mapa de temperatura media, precipitación y radiación solar para cada estación (primavera, verano, otoño e invierno).

Una vez obtenidos los requerimientos de *T.baccata* para cada uno de los mapas presentados anteriormente, se reclasificó cada mapa dando valores de 1 en aquellos puntos donde se cumplían los requisitos de *T.baccata* y de 0 allí donde no se cumplían.

Para la realización del mapa de hábitat potencial actual, se reclasificaron un total de 21 mapas que se sumaron para obtener un mapa con valores que oscilaron entre 0 (no se cumplía ningún requerimiento) y 21 (se cumplían todos los requerimientos).

Los mapas de hábitat de distribución potencial para el futuro se realizaron siguiendo el mismo procedimiento, con la diferencia que se usaron mapas climáticos para el 2020, 2050 y 2070-2100, que se realizaron a partir de los mapas climáticos actuales (NINYEROLA *et al.*, 2003), los cuales se modificaron introduciéndoles la variación climática correspondiente a esos años según el segundo informe del cambio climático en Cataluña (tabla 2). El resultado final fueron 3 mapas de distribución potencial (2020, 2050, 2070-2100)

	2020	2050	2070-2100			
	Tª(°C)	P(%)	Tª(°C)	P(%)	Tª(°C)	P (%)
LITO.	+0,5	-7,5	+1,2	+2,5	+4,25	-12,5
INTE.	+0,6	-7,5	+1,8	-5	+4,75	-10
PIRIN.	+0,8	-10	+1,8	-12,5	+4,75	-2,5

Tabla 2. Variación de la temperatura (°C) y de la precipitación (%) para los años 2020, 2050, 2070-2100 para litoral, interior y Pirineos según el segundo informe del cambio climático en Catalunya.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción de las Tejedoras estudiadas Similitud en la vegetación de las Tejedoras

Analizando los resultados obtenidos en el análisis clúster (figura 3), se pudo observar que hay dos grandes grupos de vegetación en las áreas de estudio, uno submediterráneo y otro mediterráneo. Las parcelas más septentrionales (Alta Garrotxa) pertenecen al primer grupo, mientras que las más meridionales (Llaberia) pertenecen claramente al segundo. Poblet, que se encuentra ubicada entre las dos zonas de estudio, tiene parcelas pertenecientes a ambos grupos.

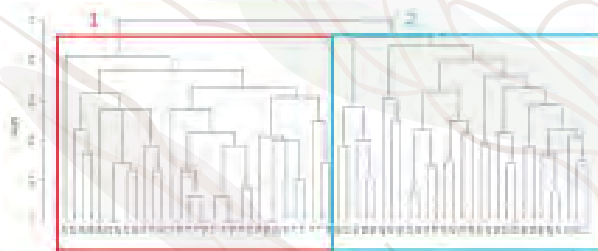


Figura 3. Dendrograma de similitud de las especies vegetales de las 60 parcelas.

Caracterización de las Tejedoras

La riqueza y diversidad de especies leñosas en las tres zonas estudiadas es considerablemente baja, aun con todo el *T.baccata* no es la especie dominante en ninguna de las tres Tejedoras estudiadas, sino que normalmente se encuentra bajo el dominio de *Quercus ilex* en el estrato arbóreo inferior, y de *Pinus sylvestris* o *Pinus nigra*, en el estrato superior. Las especies más abundantes en las tejedoras del estudio concuerdan con los resultados de CARITAT y BAS (2007), que exponen que en Catalunya se suele encontrar *T.baccata* como especie acompañante en hayedos, pinares, encinares y robledales.

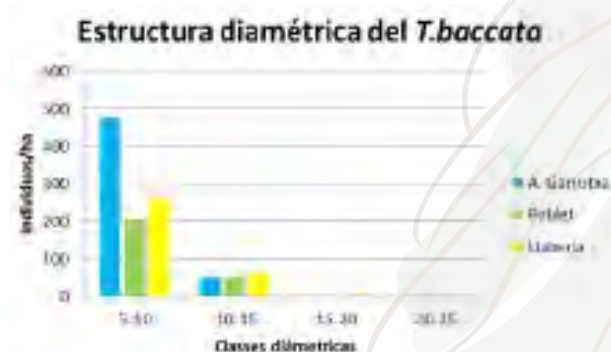


Figura 4. En la estructura diamétrica del tejo (individuos/ha para cada clase diamétrica) de las 3 Tejedoras: Alta Garrotxa, Poblet y Llaberia.

La estructura diamétrica de *T. baccata* en las tres áreas de estudio (figura 4), se encuentra desplazada hacia las clases diamétricas más pequeñas, el 84,5% de los pies presentan un diámetro inferior a 10cm y aunque el diámetro no presenta una equivalencia directa con la edad (influyen muchos otros factores como condiciones edafoclimáticas o la densidad de competidores), sí que permite observar las tendencias y podemos afirmar que son Tejedas con una estructura joven.

La densidad total de pies de de los bosques con poblaciones de tejo van de los 2.000 pies/ha (Poblet) a los 3.000 pies/ha (Alta Garrotxa), y la densidad de *T. baccata* sigue la misma tendencia, aumentando la densidad en las zonas más septentrionales, como se muestra en la tabla 4, con valores que van desde los 254 pies/ha (Poblet) a los 528 pies/ha (Alta Garrotxa). Son densidades bajas si se comparan con los estudios de Thomas & Polwart (2003), donde, en condiciones óptimas, en Dinamarca se han encontrado densidades de *T. baccata* de 1.388 pies/ha. Por el contrario, presentan densidades considerables, si se comparan con las Tejedas de Navarra que van de los 11 a los 240 pies/ha (SCHWEBDTNER *et al.*, 2007).

	A(m)	Ø (cm)	ℓ(ind/ha)	δ ¹³ C
ALTA GARROTXA	5,20	6,82	528	-31
POBLET	5,08	8,06	337	-30,83
LLABERIA	4,00	7,09	254	-30,45

Tabla 4. Valores medios de altura A, diámetros Ø, densidad ℓ y estrés hídrico δ¹³C de *T. baccata* para cada una de las zonas estudiadas.

La estructura vertical en las tres zonas de estudio es similar, con valores de altura de los árboles media (tabla 4) entre 6,30 m (Poblet) y 6,85 m (Alta Garrotxa), mientras que las alturas medias de *T. baccata* se encuentran entre los 4,0 m de Llaberia y los 5,20 m en la Alta Garrotxa. Estas alturas concuerdan con las medias obtenidas en Cataluña (CARITAT& BAS, 2007), donde los valores oscilan entre los 3,6 m y los 7,9 m.

En referencia a los diámetros medios de *T. baccata* (tabla 4) de *T. baccata*, oscilan entre los 6,82 cm (Alta Garrotxa) y los 8,06cm (Poblet). Son valores bajos, ya que no llegan a los diámetros medios de las Tejedas catalanas (CARITAT& BAS, 2007). Hay que tener en cuenta que las zonas analizadas corresponden a bosques jóvenes y con una elevada competencia.

Crecimiento foliar de *Taxus baccata* L.

El crecimiento de los brotes está ligado a climas suaves y precipitaciones abundantes, como demuestra la tejeda

de Poblet, donde en el año 2012, las lluvias escasearon (Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques). Ese mismo año, el crecimiento de los brotes de tejo en Poblet, fue 1cm inferior respecto al siguiente año durante el cual las lluvias fueron abundantes (figura 5). Además, el mayor crecimiento se registró en los tejos de l'Alta Garrotxa (4,84cm), donde las precipitaciones son normalmente más abundantes.

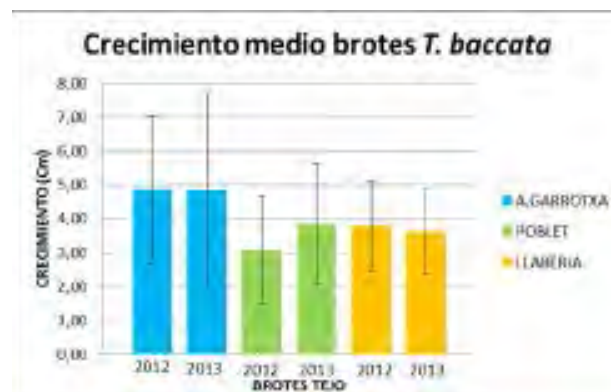


Figura 5. Crecimiento medio de brotes de *T. baccata* en las tres zonas de estudio.

El estrés hídrico en *Taxus baccata* L.

El análisis estadístico nos ha permitido observar que las variables que más influyen en la estima del estrés hídrico (δ¹³C) de *T. baccata* son el AB total y la cobertura arbórea. Tanto en las parcelas de la zona mediterránea como en las de la submediterránea, el estrés hídrico aumenta al agrandarse el AB total tanto en individuos juveniles como adultos, y la relación entre el porcentaje de recubrimiento del *T. baccata* y el estrés hídrico es inversamente proporcional. Al aumentar el recubrimiento sobre este, el estrés disminuye, esta situación se repite tanto en la zona mediterránea como submediterránea. Hay que tener en cuenta que la R² corregida de la regresión lineal que se realizó indica que estas 2 variables solo explican un 14,1% de toda la variabilidad del δ¹³C. Otras que no se han estudiado como el clima y la precipitación, tienen un peso importante. Es probable que por esa razón los individuos de *T. baccata* de la Alta Garrotxa, donde la precipitación es abundante y el clima suave, sufran un estrés hídrico menor (tabla 4).

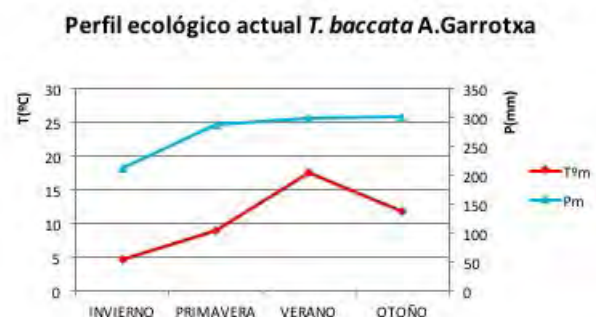


Figura 6. Perfil ecológico actual de *T. baccata* en la Alta Garrotxa.

Hábitat potencial actual y futuro para *T.baccata* L. en Catalunya.

Perfil ecológico de *T. baccata* L. en Catalunya.

Basándonos en la distribución actual de *T. baccata* en Cataluña, se ha definido el perfil ecológico de esta especie a lo largo del año en la Alta Garrotxa y Poblet-Llaberia (figuras 6 y 7). Al compararlo con las condiciones ecológicas que se predicen para las mismas localidades según los escenarios climáticos para los años 2070-2100 (figuras 8 y 9), se observa que las precipitaciones se reducen y las temperaturas aumentan de forma considerable. Esta variación climática implicará que las Tejedas tengan que desplazarse hacia zonas climáticas más favorables si quieren permanecer en su rango ecológico actual.

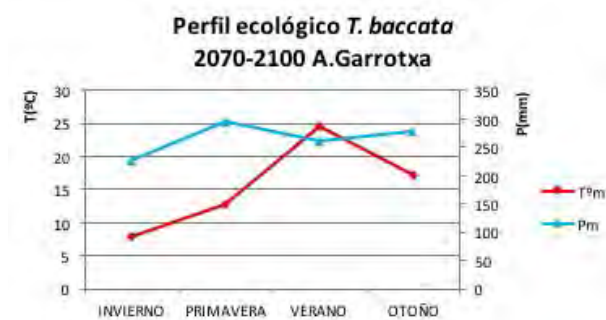


Figura 7. Perfil ecológico actual de *T.baccata* Poblet/Llaberia.

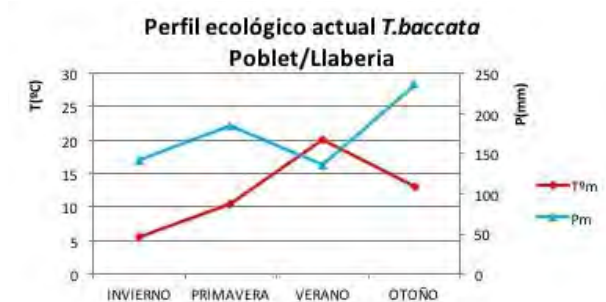


Figura 8. Perfil ecológico en el año 2070-2100 para *T. baccata* en la Alta Garrotxa.

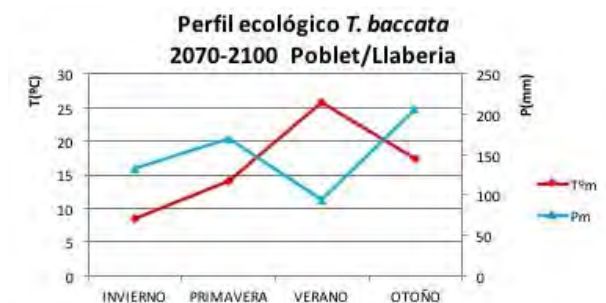


Figura 9. Perfil ecológico en el año 2070-2100 para *T. baccata* en Poblet/Llaberia.

Área de distribución actual y prevista para el futuro

Se puede observar que el área de distribución potencial de *T.baccata* en Catalunya es mucho más extensa de lo que actualmente ocupa (figura 10), además hay muchas zonas donde las condiciones climáticas se adecuan perfectamente al perfil ecológico del *T.baccata*. Hay que tener en cuenta, que el modelo se ha realizado a partir de un rango muy amplio de condiciones ecológicas favorable para el tejo, siendo así un modelo que muestra zonas de ocurrencia potencial máxima para esta especie. Según los resultados obtenidos, podríamos decir que el confinamiento de esta especie en las zonas actuales no se debe a factores climáticos ni de requerimiento de hábitat, sino que posiblemente se deba a factores antrópicos ocurridos a lo largo de los últimos 2000 años.

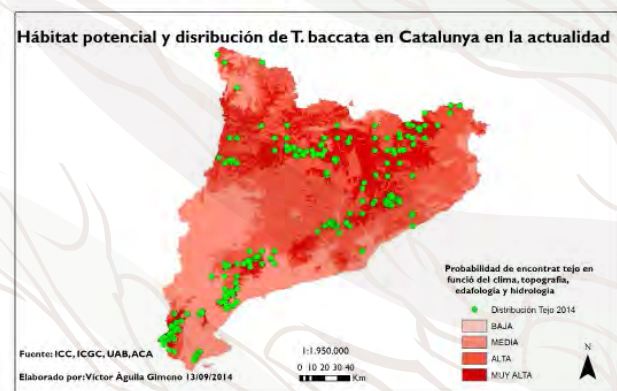


Figura 10. Mapa Hábitat potencial actual de *T. baccata* en Catalunya i distribución *T.baccata* en 2014.

En los mapas de hábitat potencial futuro para esta especie (figura 11, 12 y 13), se observa que la tendencia más probable de *T.baccata* será desplazarse hacia zonas más septentrionales, ya que es donde se encuentran las zonas más elevadas y donde más se ajustará el perfil ecológico de la especie. Otros estudios como los realizados en las Tejedas de Portugal (DRAPER & MARQUES, 2007) evidencian los mismos resultados.

Es probable que a partir del año 2070, las Tejedas catalanas sufran un fuerte declive, debido al aumento de temperaturas, que podría ser más acentuado en los macizos más meridionales de Cataluña, donde la probabilidad de encontrar individuos de *T.baccata* sería media o baja. Las Tejedas más septentrionales podrán mantener su perfil ecológico sin sufrir demasiado, a excepción de las poblaciones de baja altitud, que tendrán que desplazarse hacia zonas más elevadas. Un estudio actual realizado por el CREAM (Burgarella *et al.*, 2012) augura un final similar, dejando en evidencia la clara tendencia a la disminución del tamaño de las poblaciones de *T.baccata*, ya que es una especie amenazada en todo el mundo y en especial en las poblaciones mediterráneas, debido a su lento crecimiento y a la sobreexplotación.

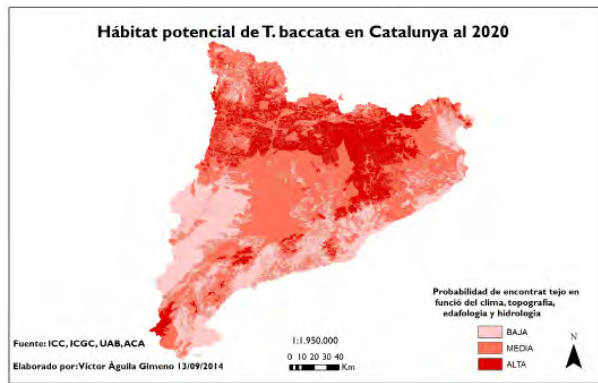


Figura 11. Mapa hábitat potencial *T.baccata* para el año 2020 en Catalunya.

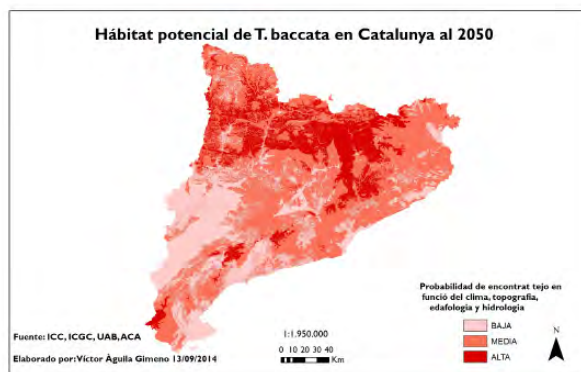


Figura 12. Mapa hábitat potencial *T.baccata* para el año 2050 en Catalunya.

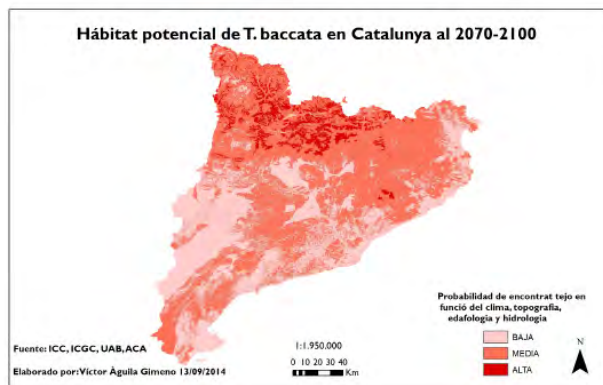


Figura 13. Mapa hábitat potencial *T. baccata* para el año 2070-2100 en Catalunya.

CONCLUSIONES

El conjunto de resultados obtenidos en el estudio de los tejos en Catalunya evidencia que la tejeda de la Alta Garrotxa es la que se encuentra en mejores condiciones morfológicas, fisiológicas y estructurales; además, los individuos de *T.baccata* en esta zona presentan una media superior que en Poblet y Llaberia en casi todos los parámetros estudiados; altura, regeneración, densidad, crecimiento foliar, y presentan un menor estrés hídrico.

Por lo tanto, se puede argumentar sólidamente que la Tejeda de la Alta Garrotxa es la que presenta una mejor situación de permanecer estable en el tiempo, gracias a una ubicación más elevada y septentrional que proporciona un clima suave y precipitaciones abundantes.

Gracias a los resultados obtenidos en los tres mapas de hábitat potencial futuro de *T.baccata*, y al análisis de las tres tejedas, podemos predecir que las poblaciones de *T. baccata* de Catalunya tenderán a desplazarse hacia el norte, en la medida que les sea posible, donde las condiciones climáticas son más favorables para la especie y se adaptarán mejor a su perfil ecológico, como demuestra el excelente estado de la tejeda de la Alta Garrotxa. Aquellas poblaciones de *T. baccata* que tengan una baja capacidad de expansión o que se encuentren en zonas topográficamente aisladas, es posible que acaben por desaparecer a finales de siglo y que permanezcan aquellos individuos aislados que hayan podido adaptarse a las condiciones climáticas esperadas.

Propuestas de futuro

De cara a próximas investigaciones sería interesante poder establecer un lindar de temperatura y precipitación óptimas para el crecimiento de esta especie en Cataluña, esta herramienta sería de gran utilidad en trabajos de gestión y conservación de las tejedas puesto que nos ayudaría a definir que tratamientos serían adecuados y si serían o no exitosos según las condiciones climáticas de la zona.

AGRADECIMIENTOS

Buena parte de los resultados obtenidos en este estudio han sido posibles gracias al proyecto europeo LifeTaxus. Agradecemos a Lluís Vila y Diego Vargas su ayuda en la tutorización del proyecto final de grado del cual ha salido este artículo.

BIBLIOGRAFIA

BANQUÉ, M., GRAU, A., MARTINEZ, J. & VAYREDA, J. (2003). CANVIBOSC: *Vulnerabilitat de les espècies forestals al canvi climàtic*. CREAF.

CALBÓ, J., SÁNCHEZ, A., CUNILLERA, J. & BARRERA, A. (2010). *Segon informe del canvi climàtic a Catalunya*. Cap. 6. Projeccions i escenaris de futur. Institut d'Estudis Catalans i Generalitat de Catalunya, Departament de la Vicepresidència, Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible de Catalunya.

CARITAT, A. & BAS, J.M. (2007). *Estado actual y regeneración de Taxusbaccata en Catalunya*. Jornadas Internacionales sobre el tejo y las Tejedas en el

Mediterráneo Occidental.

CARITAT, A., BAS, J.M. & SALA, E.(2008). *Localització del teix a Catalunya i proves experimentals per a la seva conservació*. II Jornades del Teix a la Mediterrània Occidental.

DRAPER, D. & MARQUES, I. (2007). *Taxusbaccata en Portugal y sus perspectivas futuras frente al cambio global*. Jornadas Internacionales sobre el Tejo y las Tejedas en el Mediterráneo Occidental.

NINYEROLA, M., PONS, X., ROURE, J. M., MARTÍN VIDE, J., RASO, J. M., CLAVERO, P. 2003. *Atles Climàtics de Catalunya*.

SCHWENDTNER, O., MIÑAMBRES, L. & CÁRCAMO, S. (2007). *Problemáticas de conservación de las poblaciones de tejo (Taxusbaccata L.) en Navarra*. Propuestas de un plan de gestión regional para el tejo. Jornadas Internacionales sobre el Tejo y las Tejedas en el Mediterráneo Occidental.

Xarxa Estacions Meteorològiques Automàtiques. Servei de Meteorologia de Catalunya. Anuari de dades meteorològiques, 2012 i 2013.

Abstracts

Facing to the Change: stabilizing mechanisms from the individual to the community

ADRIÁN ESCUDERO

Department of Biology and Geology. Universidad Rey Juan Carlos, Madrid

ABSTRACT

Current climatic trends point out an abrupt increase in temperatures and, mainly, an exacerbation of the climatic variability which means a larger incidence of extreme events. Although there are some outstanding examples of latitudinal and altitudinal movements clearly linked to global warming, local persistence seems the norm at least in many habitats. Even more, abrupt shifts in the vegetation or habitat types have been rarely documented. What are the mechanisms that are involved to guarantee local persistence? This is probably one of the issues more rarely tackled by Global Change biologists and only recently it has begun to be explored. We recently proposed a demographic framework and suggested some stabilizing mechanisms which will be able to explain persistence at least at the community and habitat level. Obviously some mechanisms at other biological levels can also be implied in the persistence of habitats such as local adaptation or those related to phenotypic plasticity and physiological tolerance. Taken all together it seems to be a priority to adjust the key measures proposed to face Warming from a mitigation point of view. This means to move from assisted migration to what we suggest as assisted evolution and explicitly management of the involved stabilizing demographic mechanisms.

The influence of temperature and precipitation on the tree-ring width of *Taxus baccata* L. from Poland and western Ukraine

ANNA CEDRO

University of Szczecin, Faculty of Geosciences, Laboratory of Climatology and Marine Meteorology, Mickiewicza 16, 70-383 Szczecin, Poland, anna.cedro@univ.szczecin.pl

ABSTRACT

Yew (*Taxus baccata* L.) is a long-lived, slowly growing tree, occurring in undergrowth of deciduous and mixed forests, but due to high value of its timber it has been almost completely eradicated. Actually, since 1934 *Taxus baccata* L. is a protected species in the whole area of Poland.

In Poland samples were taken from 34 sites and one plot on western Ukraine (Kniazdów). 797 trees from these natural reserves were sampled for analyses. The measurements of widths of annual growth rings (a total of 102 606 tree-rings were measured), dendroclimatological and statistical analyses (response function, pointer years, the principal components analysis) were carried out in the Dendroclimatological Laboratory at Szczecin University. Positive years are connected with warm winter and early spring. Negative years are characterised by temperature in January, February and March lower than average and shortage of rainfall coinciding with high temperatures in summer months. High values of multiple regression indicate significant relationships between weather conditions and tree-ring width at this species.

Environmental heterogeneity, demography and adaptive variation in English yew (*Taxus baccata* L.)

MAYOL M, BERGANZO E, BURGARELLA C, GONZÁLEZ-MARTÍNEZ SC, GRIVET D, VENDRAMIN GG, VINCENOT L, RIBA M

Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) Edifici-C, Campus
UAB, 08193 Cerdanyola del Vallès (Barcelona) Spain
Maria.Mayol@uab.es

ABSTRACT

English yew is a dioecious long-lived gymnosperm currently found throughout most of the European continent, including the Mediterranean Basin. It occurs in a great diversity of habitats and plant community types, but often forming small and isolated populations, particularly in the Mediterranean Basin. Therefore, it is included in several conservation actions and laws in European countries, and woodlands hosting yew have been designated as special protection areas by the European Community (Habitats Directive 92/43/EEC). The implementation of appropriate management policies for its use and long-term conservation must rely, as far as possible, on an exhaustive knowledge of (i) the historical, evolutionary and ecological processes that have determined its persistence in the past, and (ii) the levels of standing genetic variation that would allow future adaptive responses to predicted environmental change.

In the last years, we have investigated the evolutionary history of English yew, with special attention to the existence of local adaptations to different environments at several spatial scales. At the species distribution level, we found two main groups of populations (Western, Eastern), that seem to have diverged around 1.1-2.2 Myr BP, i.e. since the beginning of the Quaternary glaciations. In addition, we found that both groups have been linked to distinct climatic regimes since the long past, suggesting that they are different evolutionary lineages adapted to different environmental ranges. Concerning Mediterranean populations, our results show that they are characterized by highly structured patterns of neutral genetic diversity and recent demographic bottlenecks, with highly irregular size/age structures and sometimes biased sex ratios. All these features could compromise the ability of Mediterranean populations to adapt and increase their risk of extinction. However, the analysis of patterns of phenotypic variation in populations from different *T. baccata* provenances growing in a common environment (Valsaín Clonal Bank, Segovia) reveal significant regional and local differences in growth and phenology associated with climatic clines, suggesting local/regional adaptation. To further investigate the genetic changes underlying local adaptation we are currently performing an exon capture experiment designed to analyze the variation present at about one thousand candidate genes in four natural populations from the Iberian Peninsula located in contrasted environments.

Our results provide a relevant information to assist policy makers in the prioritization of measures to manage and protect this species, and warns about the danger of restocking English yew populations without a comprehensive knowledge of the consequences that such actions can have for the species long-term survival.

Delimitation Yews along the Hindu Kush-Himalaya and Adjacent

REGIONS, AND GENETIC DIVERSITY AND DEMOGRAPHICAL HISTORY OF *TAXUS CONTORTA* IN PAKISTAN

RAM C. POUDEL^{1,2}, LIAN-MING GAO^{1*}, MICHAEL MÖLLER³, DE-ZHU LI²

¹ Key Laboratory for Plant Diversity and Biogeography of East Asia, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, China

² Plant Germplasm and Genomics Center, Germplasm Bank of Wild Species, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming, China

³ Royal Botanic Garden Edinburgh, Edinburgh, Scotland, United Kingdom

*gaolm@mail.kib.ac.cn

ABSTRACT

The total number of species and their exact distribution ranges of yews the HinduKush-Himalaya (HKH) and adjacent regions remains controversial. We performed the comprehensive sets of morphological, molecular and climatic data of total of 743 samples from 46 populations of wild yew and 47 representative herbarium specimens to clarify taxonomy and distributions of yews in this region. Principle component analyses on 27 morphological characters and 15 bioclimatic variables plus altitude and maximum parsimony analysis on molecular ITS and trnL-F sequences indicated the existence of three distinct species occurring in different ecological (climatic) and altitudinal gradients along the HKH and adjacent regions. *Taxus mairei* is the first report occurred in this region. Our work demonstrates that extensive sampling combined with the analysis of diverse data sets can reliably address the taxonomy of morphologically challenging plant taxa.

In addition, g levels of genetic diversity and reconstruct the demographic history of the western Himalayan yew (*Taxus contorta* Griffith) in Pakistan were investigated based on a chloroplast DNA region (trnL-F) and ten nuclear microsatellite loci. The results showed a low haplotype diversity ($HT = 0.182$), moderate level of microsatellite diversity ($HE = 0.541 \pm 0.034$), significant population differentiation ($FST = 0.107$) and high level of inbreeding ($FIS = 0.219-0.418$) for this species. Results of an approximate Bayesian computation (ABC), mismatch distribution analysis, neutrality tests and data on glacial chronologies of the western Himalaya indicated a historic demographic expansion of *T. contorta* populations from small ancestral populations. This expansion is estimated to have occurred at least 37.5 thousand years ago (kya) during the late Pleistocene. An unprecedented level of habitat disturbance over the last few decades, coupled with the highly variable climate may have played an important role in shaping the genetic structure of the extant *T. contorta* populations. We have discussed a range of sustainable management measures for the ecological restoration of remnant populations as well as for a sustainable exploitation of this plant of high economic potential.

KEY WORDS

Conservation, Demographical History, Genetic Diversity, Hindu Kush-Himalaya, *Taxus contorta*, Taxonomy

Structural features and conservation status of *Taxus baccata* on some forests of the Tellian Atlas

KROUCHI F.¹, BOUHAMED A.¹, HAMIDOUCHÉ CH.¹, GUECHIOUD I.¹, GUELLAL A.¹, BENALLAOUA KH.¹, HOCINE F.¹, ABDELLI D.¹, AIT-IKENE S.¹, VESSELLA F.², DERRIDJ A.¹

¹ Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, (Algeria)

² AgroForestry, Nature and Energy Department (DAFNE), University of Tuscia, Viterbo, Italy

ABSTRACT

Structural features of *Taxus baccata* have been partially investigated within two *Cedrus* forest mountains: Atlas of Blida (Chrea) and Djurdjura. Due to the spatial configuration of the *Cedrus* forest which is patchy but larger in the Djurdjura and continuous but narrower in Chrea, yew was investigated in the Djurdjura across three discontinuous stands (Tikjda on the south facing slope, Tala-guilef and Ait-ouabane on the north facing slope) and within a continuous stand in Chrea. In each forest stand, all individuals found within a given unit area were recorded, geo-referenced and measured for circumference and height and ranked for their shape (monocormic vs polycormic ones). Sex of adults was noticed when possible.

The results indicate a spatial distribution of yew mainly on north facing slopes in both mountains. In a given stand, individuals showed mainly two types of spatial distribution: a gregarious one and a linear one along water streams. Spatial distribution of saplings is heterogeneous and observed only on favourable microsites.

Yew abundance revealed different across the 4 investigated stands: within the Djurdjura stands, Ait-ouabane showed the highest number of individuals (i.e. 189) followed by Tala-guilef with 41 ones and Tikjda with less than 20 individuals. Chrea (Atlas of Blida) showed the highest number of individuals (i.e. 531) among all. Despite their inclusion in the limits of national parks these yew stands are subject to different degrees of human disturbance: because of their localization in the vicinity of roads and their low slopes, Tikjda and Chrea stands are of easier access than Ait-ouabane and Tala-guilef. As a result 59% of individuals at Chrea showed damaged stems, whereas at Ait-ouabane such individuals represented 32% of the total. At Chrea and Ait-ouabane, tree circumference explained respectively 79 and 70% of tree height variation when considering only monocormic individuals whereas it explained respectively 42 and 61% of such variation when individuals with damaged stems were included. This indicates a less pronounced disturbance of yew at Ait-ouabane if we except forest use for grazing. Past use of yew for building and weapons manufacturing has been reported in Ait-ouabane region.

Sex ratio seems to be female biased at Tala-guilef (5 male out of 41 individuals) and male biased at Tikjda, Ait-ouabane (59% out of 100 adults) and Chrea (69% out of 352 adults). But such tendencies may be subject to changes since not all individuals are presently recorded and evaluated for this parameter. Male strobili production seems to be abundant in either stand.

Size of individuals (adults and saplings), their shape (monocormic vs polycormic) as well as their spatial distribution reflect local conditions (such as shadow) in combination with past and actual anthropic disturbance (tourist activities, urbanization and grazing) and may be indicators of yew conservation and regeneration status and of *Cedrus* forest health. Presence of young saplings and of some germinations particularly at Chrea and Ait-ouabane suggest that *Taxus baccata* is not biologically at risk in these forest regions but anthropic disturbances observed in yew stands at Chrea suggest the necessity to reinforce its protection to prevent more pronounced disturbance and to stop the current one.

KEY WORDS

Taxus baccata, spatial distribution, conservation, regeneration status, Djurdjura, Chrea.

The yew (*Taxus baccata*) in Morocco: A tree in regression in its southern extreme.

ANGEL ROMO¹, ADAM BORATYŃSKI²

¹Botanical Institute of Barcelona, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, IBB-CSIC-ICUB, Passeig del Migdia s/n., 08038 Barcelona, Spain. E-mail : a.romo@ibb.csic.es

²Polish Academy of Sciences, Institute of Dendrology, 5 Parkowa st., 62-035 Kórnik, Poland.

ABSTRACT

The distribution of the yew (*Taxus baccata*) has been studied in Morocco. On the basis of bibliographic citations from floristic and phytocenologies papers, materials from various herbaria and our own unpublished data, the chorology of this tree is given. The yew is a tree that takes refuge in the mountain areas of Morocco, where it is present in the mountainous areas ranging from the Middle Atlas to the Rif and the High Atlas. The largest populations of yew are found in the Western Rif and in the Middle Atlas. They are scarce in the High Atlas and do not reach the the Anti-Atlas.

Yew populations decrease from the north to the south in this country. They are located preferably in moist cedar (*Cedrus atlantica*) forests, *Abies maroccana* forest, small *Betula fontqueri* forests, *Ilex aquifolium* and *Prunus lusitanica* formations, and in ripisilvas located in narrow gorges.

The species was not seen to be undergoing natural regeneration in any of the stations visited. It is a vulnerable tree in Morocco, where it is found to be in regression, and measures to ensure its conservation are needed.

KEY WORDS

Taxus baccata, dakhs, yew, Western Rif, High Atlas, Middle Atlas, longlived tree.

Preliminary studies on the molecular identification of sex in *Taxus baccata* L

MARCIN ZAREK

Department of Forest Patology, Mycology and Tree Physiology
Institute of Forest Ecosystem Protection
Faculty of Forestry
Agricultural University of Cracow
Al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków
rlzarek@cyf-kr.edu.pl

ABSTRACT

Taxus baccata L. is an evergreen needle-leaved gymnosperm shrub or tree which is widely distributed in Europe but decreased in number, connectivity and size. The European yew is considered to be typically dioecious but monoecious individuals are found as well. Since there is no method available to determine the sex at the seedling stage and mechanism of sex determination still remains unclear. The scientific objective of this research was to find the molecular markers, allowing to distinguish between male and female individuals of the European yew as an introduction to know the mechanisms of sex determination mechanisms in this species.

The study was conducted on European yew individuals originating from two populations growing in Poland: natural reserve Zadni Gaj near Cieszyn, and yews collection from Botanical Garden of Jagiellonian University in Krakow.

In the present study, 716 random primers (OPA-OPAI_1-16 and 20 primers marked as UBC) were tested to identify sex in the European yew by modified Bulk Segregant Analysis method (BSA). The study was conducted in three stages, gradually limiting the number of primers by an elimination of primers which did not exhibit any differences between examined groups or did not provide amplification products. Among tested primers there were no ideal marker present in all checked individuals of one sex and absent in the other. But there were found some markers (A07_954, H13_729, J08_660, L12_390, U01_457, V14_527, AE03_941, AE03_1014) occurring with greater frequency in one sex. Using them, 13 combinations of bands (profiles) observed entirely in male individuals, and 13 combinations occurring only in female individuals, which may be used in practicals identification of these individuals, were elaborated.

This is the first report to ascertain the sex of *Taxus baccata* trees and may help to determine sex at an early stage of development of the taxon.

Population Dynamics in four populations of Florida yew (*Taxus floridana*)

ANN M. REDMOND¹, ALICE A. WINN²

¹CEP. Brown and Caldwell. 850 Trafalgar Ct., Suite 300. Orlando, FL
aredmond@brwncald.com, aredmond@mindspring.com

² Department of Biological Sciences. Florida State University. Tallahassee, FL.
winn@bio.fsu.edu

ABSTRACT

Taxus floridana is a dioecious, coniferous understory tree that is narrowly endemic to Gadsden and Liberty counties in Florida, USA in the Apalachicola River region of northern.

Florida. It is classified nationally as N2-At Risk. At a global scale it is classified G2– Imperiled because of its extremely restricted geographic range. This paper reports on a longitudinal study of the population dynamics of *T. floridana* in four locations. Over 1200 stems were individually marked in 1982 and followed over a nearly 30 year period. The diameter at ground height and gender of remaining each stem was recorded in 1982 and stems were censused and measured again in 1992 and in 2009. If new stems were encountered they were also tagged and measured. All individuals with wood development were tagged, including small seedlings. We report analyses of survival, growth, and recruitment of individual stems over this 27 year time period for these four populations. We will also present a life table for this species based on the tracked individuals, as well as fruit set and related seedling emergence for two populations. In addition, we will address the ecology of the populations in relation to the observed population dynamics. Finally, we will discuss management scenarios that may affect the health of these populations.

A new variety of *Taxus brevifolia* from the Pacific Northwest of North America

RICHARD SPJUT

World Botanical Associates, Inc., P. O. Box 81145, Bakersfield, CA 93380-1145 (U.S.A), richspjut@gmail.com

ABSTRACT

Taxus brevifolia is currently recognized to comprise three varieties: var. *brevifolia* distinguished by the tree habit reproducing by adventitious shoots and by having relatively short secondary seed shoots, var. *reptaneta* distinguished by its shrub habit with layering trunks, and var. *polychaeta* distinguished by its multiovulate short shoots on a relatively longer reproductive shoot. A fourth variety was recently discovered while conducting field work in the western United States for biodiversity collections of plant samples for cancer research and for survey of *Veratrum californicum*. Images of this new variety of *T. brevifolia*, accompanied by description of its distinguishing features, are presented. It is distinguished from most species in the genus by its columnar habit, overlapping leaves spreading radial around the twigs much like *Taxus caespitosa* of Japan, the petioles not twisted but remaining adpressed to twigs, seed and pollen shoots initiating in the axil of each successive leaf on leafy shoots of the current season, and pollen maturing late July to early August, in contrast to earlier in the season for the other varieties, which usually shed their pollen cones by mid July, and usually are with developed aril by early August. It is considered *T. brevifolia* by the tall rectangular epidermal leaf cells as seen in leaf transverse sections and by having 4–7 stomata rows per band on the abaxial leaf surface. The new variety is thus far known only from one location in the Klamath Region of the Pacific Northwest of North America, an area exceptionally rich in conifers that include the endemic weeping spruce (*Picea breweriana*). Details of the specific location for the new variety of *T. brevifolia* are not disclosed for its protection.

Comparison of growth - climate relationships in two the rarest trees in Poland: Yew (*Taxus baccata* L.) and wild service tree (*Sorbus torminalis* L.)

ANNA CEDRO

University of Szczecin, Faculty of Geosciences, Laboratory of Climatology and Marine Meteorology, Mickiewicza 16, 70-383 Szczecin, Poland, anna.cedro@univ.szczecin.pl

Yew is the rarest species of conifer in Poland, occurs in dozens of reserves and is covered by the protection of the species. Wild service tree is the rarest tree in Poland - inventoried adult individuals counted only 3 800 units. It also occurs in nature reserves and is protected species, too. Both species are regarded as a species threatened with extinction and reach the eastern boundary of its range transects Poland - are in the western part of the country (yew has a little wider range compared to wild service tree). The study aimed to determine the effect of climatic conditions on the annual growth of these trees. For each species made more than 30 local chronologies, the effect of air temperature and precipitation on the tree-ring width. For yew dominant factor determining the width of the annual growth is temperature winter months and early spring. In wild service tree the greatest influence on the formation of the tree-ring width is rainfall during the vegetation season.

The study was supported by The National Science Centre (NCN) in Poland, grant based on the decision no. DEC-2011/03/B/ST10/06157.

***Taxus baccata*: a cytogenetic and molecular study**

TOMASINO M.P.^{1,2*}, GENNARO A.^{2,3}, SIMEONE M.C.², SCHIRONE B.², CEOLONI C.²

¹ Institute of Biomembrane and Bioenergetics (IBBE), CNR, Bari, Italy.

²Department of Science and Technology for Agriculture, Forestry, Nature and Energy (DAFNE), University of Tuscia, Viterbo, Italy.

³GMO Unit, European Food Safety Authority, Parma, Italy.

maripa.tomasino@gmail.com

The interest in *Taxus baccata*, universally known as a dioecious species, recently raised mainly for conservation concerns and biotechnological applications, the latter primarily associated with anticancer metabolites such as taxol.

This work aims to investigate ecology and sexual behaviour of *T. baccata*, in order to throw light on *sex-reversal* phenomenon and on cases of monoecism found out in yew population of Carpineto Romano (RM, Italy).

The possible occurrence of sex chromosomes in *T. baccata* has been studied in this work, giving new insight into yew cytogenetics. Indeed, karyotype analyses on English yew (*Taxus baccata* L., $2n = 24$) were performed by examining root tip meristematic cells derived from plant cuttings. Yew vegetative propagation was exploited to overcome seed deep dormancy and slow germination.

However, by use of an image analysis software, the identification of 12 chromosome pairs was achieved: most pairs resulted metacentric and submetacentric, but two, markedly shorter and acrocentric, could also be distinguished. Multicolor fluorescence in situ hybridization (FISH) was successfully applied to metaphase spreads, using 5S rDNA and 18S-5.8S-28S rDNA sequences as probes. Both sequences were found to hybridize on the same metacentric chromosome pair.

Future studies could focus on the description of *T. baccata* karyotype with additional FISH probes, including microsatellites sequences. This approach is expected not only to help characterizing each member of the chromosome set, but also to contribute to shed some light on yew genome structure and sex chromosome and sex-linked genes.

Floristic characterization of yew communities

CARME CASAS, JORDI CAPDEVILA

Grup BETA. Universitat de Vic, C/ de la Laura, 13. 08500 VIC, Catalunya. Spain, carme.casas@uvic.cat

ABSTRACT:

The yew is a relictual species what has a wide distribution area but it has a reduced population. In Catalonia the yew distribution follows a north-south line through the Prelitoral range and an east-west axis through the Prepyrenees (Caritat, 2008). Usually it is found in different types of vegetation forming a mixed forests with other tree species such as beech (*Fagus sylvatica*), oak (*Quercus pubescens*, *Quercus faginea*, *Quercus ilex*) or pine (*Pinus sylvestris*, *Pinus nigra*).

From of the phytocenological point of view, O. de Bolòs (1967) described the association named *Saniculo europeae - Taxetum baccatae*, characterized by a set of species native to beech and wet forests (Fagetalia).

This community was described by O. de Bolòs in Montserrat (Bolòs, 1967) and is cited in the mountains of the Port (Alvarez, 2004), in Prades (Vives, 2006), and Pre-Pyrenees of Lleida (Devis, 2006). But there are other types of forests with yew in which do not appear the characteristics species of the described community.

The aim of the present work is the floristic characterization of the yew forest in northeast and southern Catalonia and knows the floristic composition variability in the communities where the yew is found.

Floristic inventories have been conducted in several locations of yew trees that are in the northeast and south of Catalonia (Alta Garrotxa, Plana de Vic, Montseny, Serra de Llaberia, Serra de Cardó) and also have been compiled phytocenological inventories published in BDBC where the yew is present. With all these inventories is conducted a factor analysis to know and analyze the variability in the floristic composition of plant communities in there where is yew.

La savia del tejo

DAVID MATARRANZ FERNÁNDEZ-QUINTANILLA

Amigo de Amigos del Tejo

davidmf-q@hotmail.com

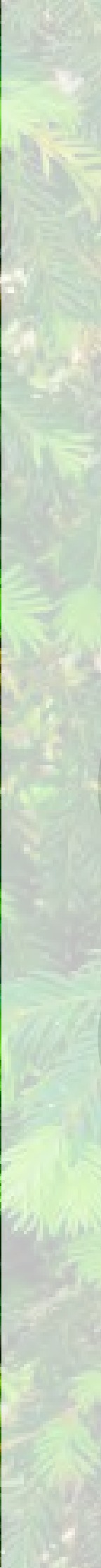
RESUMEN

Muchos han sido los estudios realizados alrededor del tejo y sus partes o elementos. Las singulares propiedades de su madera, sus llamativos y dulces frutos o la toxicidad de sus hojas y corteza han llevado al ser humano a querer conocer en profundidad, a saber cuáles eran las características físicas y químicas de este árbol. Pero curiosamente hubo una parte esencial del tejo que pasó inadvertida, su savia. Un elemento vital para el árbol pero del cual no disponemos información. Sobre la savia del tejo no hay bibliografía, aún habiendo consultado a distintos científicos titulados del CSIC, y buscando éstos información al respecto, nada pudieron encontrar.

Los fluidos del tejo resultan ser desconocidos e intrigantes, aparecen puntualmente y se suceden transformaciones en el color, olor, sabor y textura. Existen distintos tipos de savia, cada una con una serie de caracteres organolépticos singulares.

Es interesante advertir que grandes mamíferos como el corzo o el jabalí no solo parecen consumir la savia del tejo, si no que incluso fuerzan su aparición hiriendo al árbol. Pero también pequeños animales, como lombrices, gusanos, babosas o caracoles buscan estos fluidos, colocándose justo en el punto donde gotea la savia. Lo cual indica que el flujo del tejo en ciertos momentos podría suponer un aporte alimenticio para algunos animales. Es curioso comprobar como ciertos días la savia es dulce y agradable de sabor, mientras que al día siguiente puede resultar tremendamente amarga, incomedible.

Ya se han hecho análisis preliminares de la composición, cuyos resultados podremos conocer dentro de poco. Dando a conocer la savia del tejo y estudiándola en profundidad podríamos avanzar y divisar nuevos horizontes en el conocimiento de estos asombrosos árboles.



B
L
O
C
2

BLOC2

MANAGEMENT AND
PRESERVATION



Distribution and typification of yew tree in Catalonia

ANTÒNIA CARITAT^{1,3}; ANA RIOS¹; DAVID GUIXÉ¹; JORDI CAMPRODÒN^{1,2}; PERE CASALS¹; SANTIAGO MARTÍN¹; LLUÍS COLL¹; CARMÉ CASAS²; VÍCTOR AGUILA³

¹Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC), ²Grup BETA. Universitat de Vic- Universitat Central de Catalunya,

³Universitat de Girona

antonia.caritat@ctfc.cat

ABSTRACT

Yew populations in Catalonia are usually present as small yew woods, which are generally shady with an understory formed largely of mesophilous species, although yew populations are found in a wide range of plant communities.

A new yew distribution map has been developed in Catalonia from over one hundred locations recorded on Biodiversity data bank of Catalonia and adding new forest and flora inventory data. We can see that yew populations are located on different slopes of the Pre-Pyrenees and Pre-Coastal mountains. The largest extension of yew populations is in the Alta Garrotxa mountain ranges in the north and in the Llaberia, Cardó and Prades ranges in the south. From forest inventories we can see that most yew populations comprise of dense forests of a relatively young diameter class of not usually more than 20 cm, but there are examples of mature yew and some which are thousands of years old. Six yews in Catalonia have been declared monumental. Six types of forest with presence of yew have been identified in Catalonia from 14 forest parameters of 55 forest inventories of different forests with yew: 1-dense forest, not mature dominated by yew and holm oak with presence of pines; 2-sparse forest dominated by pine in the upper layer with a second layer of holm oak where yews appear in the form of young trees; 3- fairly open forest dominated by mature yew; 4- scrubland with yew and very young holm oak of other Mediterranean species; 5- very irregular dense forest with yew and upper strata dominated by beech; 6-dense forest dominated by pine where yew can be quite abundant in young stages;.

The yew populations are found in holm oak, pine, beech, oak or mixed forests. At the level of flora a marked north-south gradient can be seen. The northern populations are typically found in mountain holm oak forest, beech and *Pinus sylvestris* and *Quercus pubescens* forest while in the southern coastal holm oak forest, *Pinus nigra* and mixed forests with *Quercus faginea* and *Acer granatense* are commonly found. Yew forests located in the southern wetter lowlands have mesophilous species similar to the ones in the north. In all cases *Ilex aquifolium* is a very abundant shrub. With regard to conservation problems, the main threats are: competition from other species; excessive grazing; inadequate forest treatments, diseases and fire. Through the *life* Taxus Project actions to improve the conservation of yew in Catalonia are carried out.

KEY WORDS

forest conservation, typification, *Taxus baccata*, yew populations

INTRODUCTION

In Catalonia the *Taxus baccata* occurs in relatively small and isolated populations with damp winter and not extremely cold as it occurs in other areas of the Iberian Peninsula and the rest of Europe. As it is known, it is a species in decline and its habitat is considered a priority (* 9580) by the European Union. The distribution reflects the characteristics of the species such as its water needs, its slow growth is slow growth or that the slope is not a limiting factor. Another aspect to consider is that it is a shade-tolerant species (ISZKULO *et al.* 2005) but it can grow when it receives direct solar radiation (WUNDER *et al.* 2008). Moreover, although it prefers calcareous soils, it can also thrive in other soil types if it has enough moisture. In Mediterranean areas populations are usually in the shady slopes facing north, northwest and northeast normally under varied tree cover oceanic microclimate (THOMAS, 2003). In fact, the yew shows great plasticity regarding the ecological requirements (SCHWENDTNER, 2010). Note that as usual in forest systems these yew populations have been subject to anthropogenic disturbances and are vulnerable to climate change. The main reasons for the decline of the yew are widespread deforestation, competition, felling of yew and selective browsing by herbivores (TITTENSOR, 1980, DHAR *et al.* 2007)

At the level of the Iberian Peninsula in the last twenty years has greatly advanced our knowledge of the distribution and habitat of the yew has greatly advanced (MORALES, 1992; CORTÉS *et al.* 2000; SERRA *et al.* 2010). The yew distribution of Catalonia follows a north-south by the coastal mountain range and an east-west axis in the Prepyrenees areas (CARITAT *et al.* 2004).

The *Life* Taxus Project led by the Forest Technology Centre of Catalonia has expanded the knowledge of the situation of the yew populations in Catalonia. In this study we have intended : a) to collect new data about the presence of yew forests from bibliographical references and new inventory we have made in the project; b) to classify forests according to the most representative yew populations c) to identify the main threats to the conservation of the yew and its habitat in Catalonia.

METHODOLOGY

Within the *Life* Taxus Project the experimental plots were delimited for ecological and forest characterization of yew populations in areas of action apart from the monitoring and additional ones that correspond to areas with high presence of the yew along a North-South gradient. Yew forest were characterized in Alta Garrotxa (AG), Osona (OS), Solsona (SOR) Montseny (MO) Poblet (PO) Llaberia (Rn) and Rasquera (RERA). In each zone is delimited between 5 and 8 of the plot of 8 meter radius with a total of 52 plots were delimited. To obtain forest inventories different parameters were measured: diameters, heights, coatings, regeneration distances to neighbors and floristic inventories were manufactured. Anthropogenic disturbances were also recorded.

A new map of location of the presence of the yew was elaborated from information gathered from the Biodiversity data bank and habitats map of Catalonia and new locations obtained through Project Life Taxus and various other sources (Parks data base and unpublished data)

To classify forests with yew populations of the areas studied statistical analysis was performed with SPSS software, using hierarchical cluster tool with the Ward method, using squared Euclidean distance as a measure of similarity. Before applying the technique a selection of variables was made to avoid redundant reporting. The selected variables were:

Variable	Units	Explanation
Dg	cm	quadratic diameter trees • the plot. Indicator of the age / maturity / size of the tree layer.
N	n/ha	greater number of feet (trees with DBH> 7.5) extrapolated to the hectare.
G	m ² /ha	feet higher basal area (trees with DBH> 7.5) extrapolated to the hectare. Indicator of tree density and thickness.
%G_Quercus	%	percentage of basal area occupied by <i>Quercus</i>
%G_Pinus	%	percentage of basal area occupied by pines
%G_Taxus	%	percentage of basal area occupied by adult yews
%G_Fagus	%	percentage of basal area occupied by beech
%G_FP	%	percentage of basal area occupied by trees with a greater diameter than 7.5 and less than 17.5 cm
%G_FM	%	percentage of basal area occupied by trees with a greater diameter than 17.5 and less than 27.6 cm
%G_FG	%	percentage of basal area occupied by trees with a greater diameter than 27.5 cm
%N_FP	%	percentage of the number of trees per hectare of trees with a greater diameter than 7.5 and less than 17.5 cm
%N_FM	%	percentage of the number of trees per hectare of trees with a greater diameter than 17.5 and less than 27.6 cm
%N_FG	%	percentage of the number of trees per hectare of trees with a greater diameter than 27.5 cm
CV_dbh	%	coefficient of variation of the tree diameters

Table 1. Forest variables used

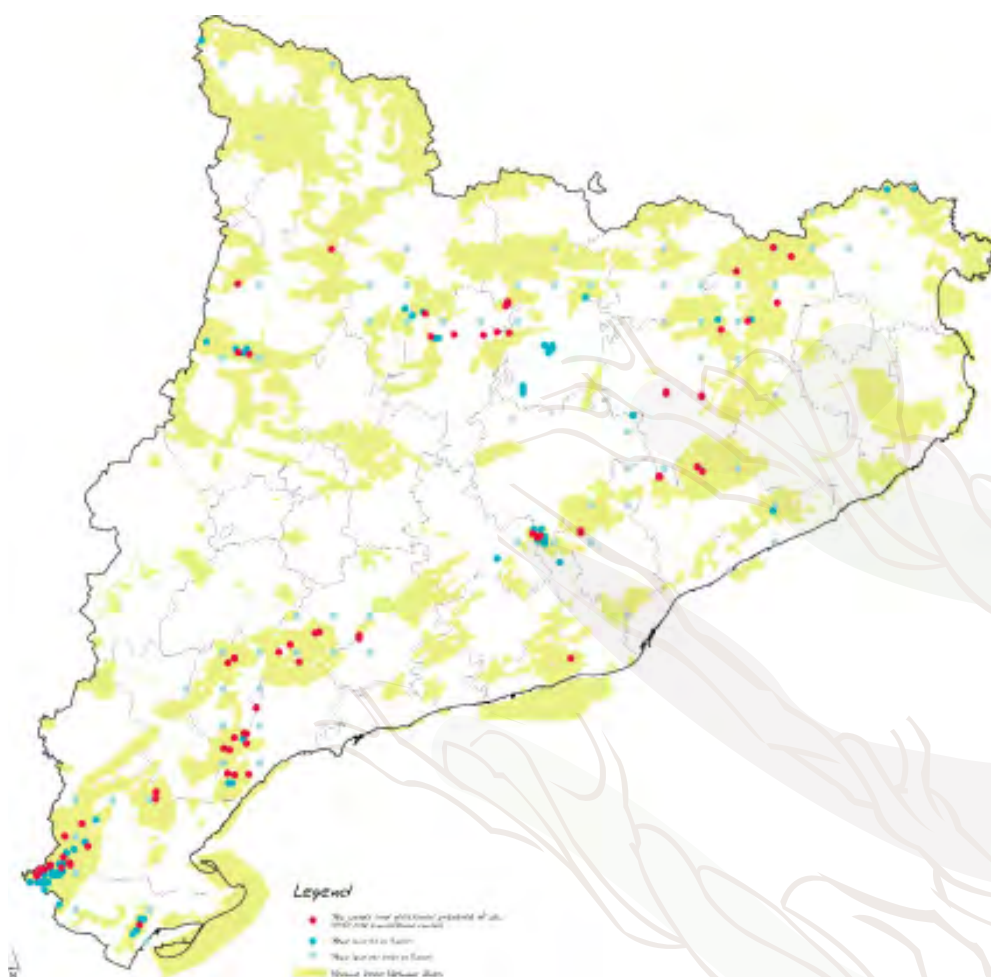


Figure 1. Location of main yew population in Catalonia

RESULTS

In Figure 1 we can observe the distribution of yew populations in Catalonia on a map of areas of the Natura 2000 network and depending on the size of the grid. There are also six monumental *Taxus baccata* catalogued in Catalonia.

Based on the statistical analysis of the values of the analyzed forest areas six types of forests with yew populations were identified (Table 2)

Type	n	Dg (cm)	G (m2/ha)	N (n/ha)	%G_Pinus	%G_Taxus	%G_Quercus	%G_Fagus	CV_dbh
1	9	15,9 (2,9)	25,3 (12,2)	1138,4 (466,9)	0,78 (2,34)	62,67 (10,43)	27,78 (17,69)	0,17 (0,52)	39,67 (11,83)
2	17	17,2 (4,2)	35,6 (9,9)	1638,2 (515,8)	41,52 (18,33)	16,91 (18,13)	30,09 (17,73)	0 (0)	51,04 (9,19)
3	6	33,7 (9,6)	38,7 (9,1)	513,3 (265,2)	3,87 (9,49)	86,5 (12,24)	5,96 (5,7)	3,36 (5,32)	59,71 (6,75)
4	13	12,9 (1,9)	27,9 (13,6)	2184,7 (1142)	6,95 (12,32)	2,19 (3)	70,13 (16,16)	0 (0)	30,08 (10,69)
5	2	22,1 (1,1)	32,7 (11,1)	841,5 (205,4)	0 (0)	18,07 (15,78)	0 (0)	80,42 (13,64)	58,98 (10,87)
6	7	22,9 (6,1)	57,2 (13,4)	1713,8 (1319,6)	63,54 (15,68)	15,33 (19,68)	8,45 (7,56)	0 (0)	67,18 (19,82)

Table 2. Characterization of forest types (mean and standard deviation):

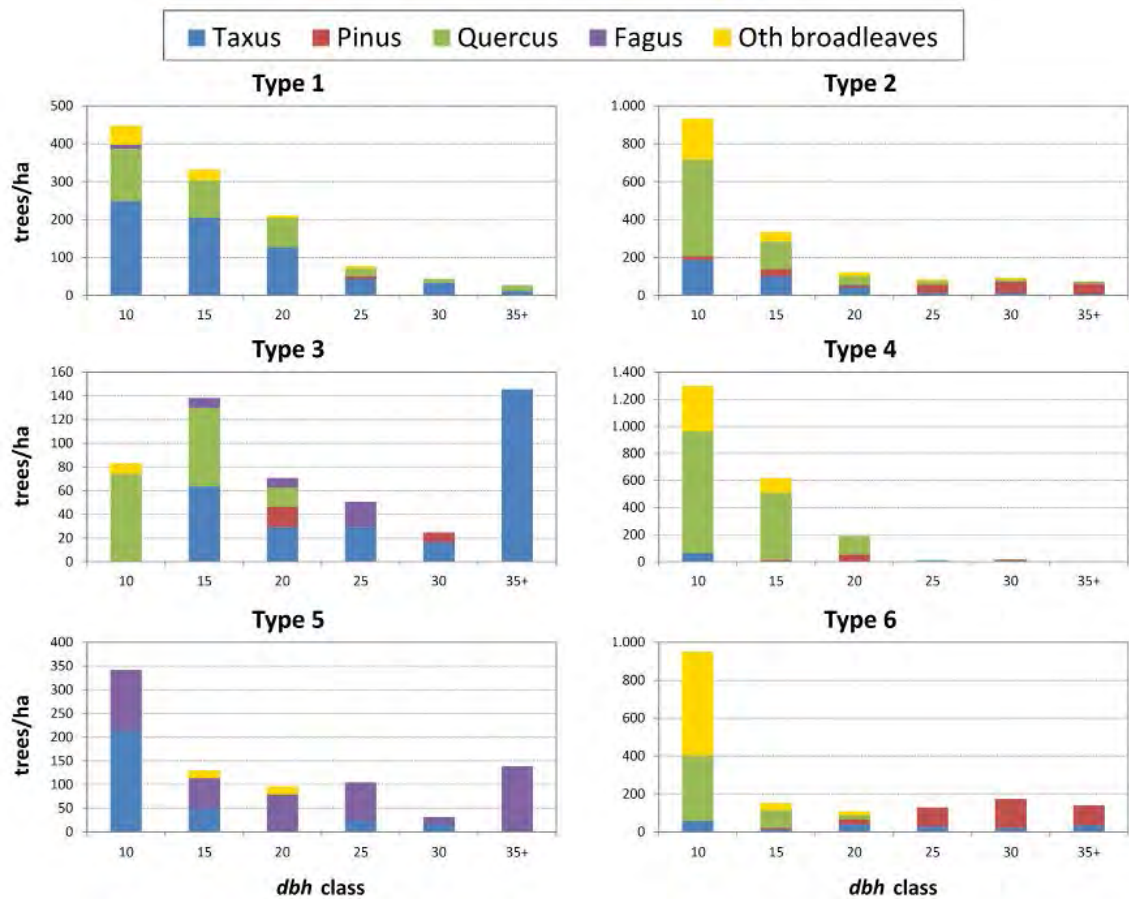


Figure 2. Graphics of diameter class distribution of each type of yew forest



Figure 3 . Misaclos yew forest in Alta Garrotxa



Figure 4. Monumental yew tree of Orri Alta Garrotxa)



Figure 5 . Yew trees in Montseny massif



Figure 6. Yew populations of Titllar in Prades mountains



Figure 7- Mature Yew forest of Rasquera in Cardó mountains

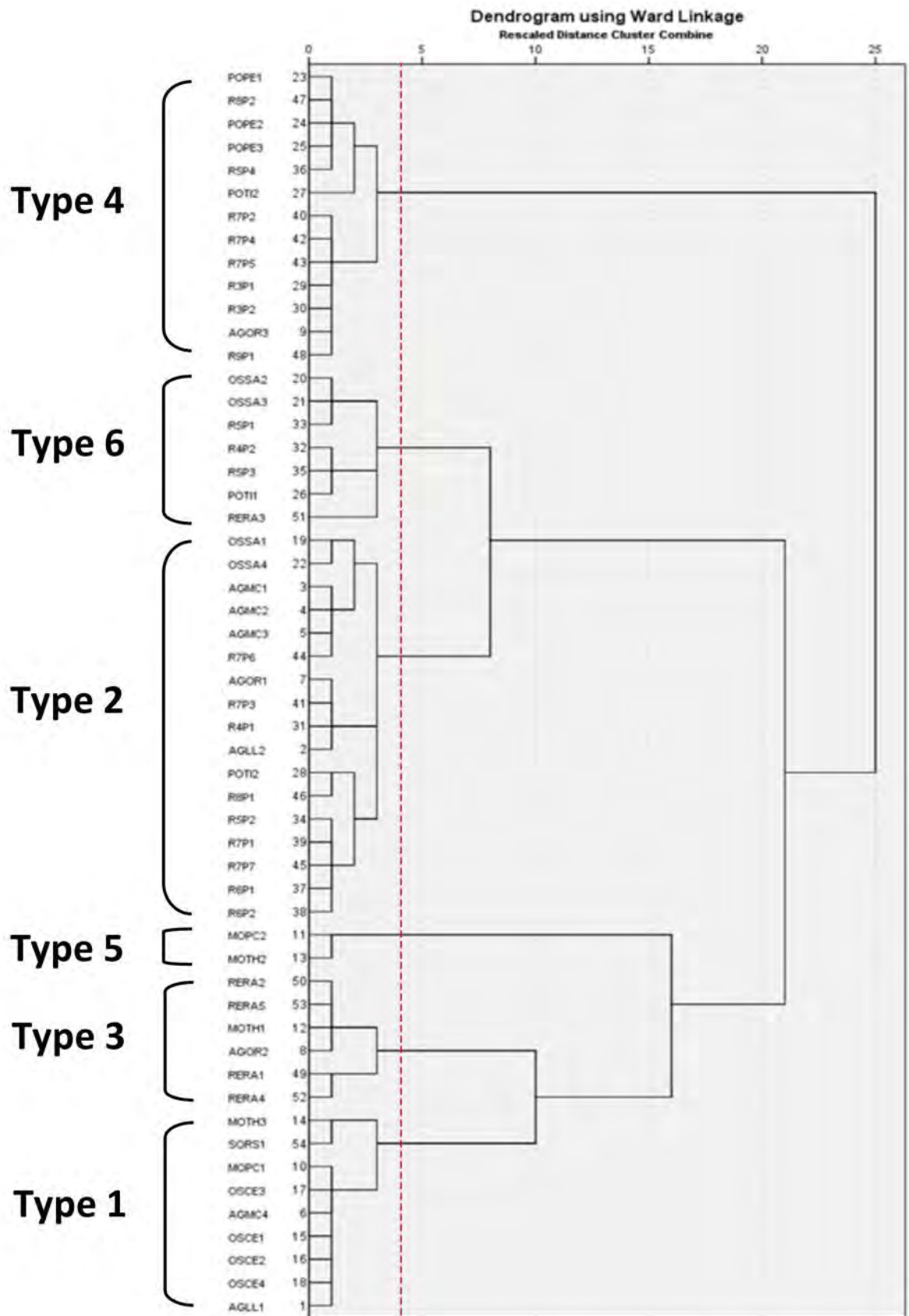


Figure 7- Graphic result of hierarchical clustering analysis

Forest Types obtained:

We can observe that the yew population appear in six forest types (figure 7):

Type 1: fairly young forest and not very dense, dominated by yew, accompanied mainly by *Quercus* species. Fairly regular structure, dominated by small and medium diameter classes.

Type 2: forest with closed canopy and semi-regular structure, with a dominant layer of mature pines, not too dense, and a second dense layer mainly composed by *Quercus ilex* and yew. Other broadleaved species (*Acer*, *Ilex*, etc.) are also common in this second layer.

Type 3: forest not very dense and semi-regular structure, with a dominant layer of very mature yew individuals, and a second layer of young trees of a mixture of species (mainly *Quercus* spp. and *Taxus*,).

Type 4: very dense coppice forest of *Quercus* species with other hardwoods, and occasional presence of pine and yew. Very regular structure, dominated by fine woods.

Type 5: adult beech forest with full density with noticeable presence of yew, mainly in the younger diameter classes. Semi-regular structure with an adult stratum dominated by beech and a second layer of advanced regeneration of yew and beech.

Type 6: adult pine forest very dense, with a younger stratum of *Quercus* species, yew and other hardwoods. It would be similar to type 2, but with a much more dense dominant layer of pines.

Regarding the threats it has been detected: competition problems, excessive grazing in some areas, inadequate forest treatments, diseases by *Armillaria* the Alta Garrotxa and Llaberia and fire risk in areas located further south or specially dry.

DISCUSSION

The addition of new locations of yew populations in Catalonia confirms again that yew populations are located along two axes: one north-south in coastal mountain range and the other to the east-west areas mainly in the Pre Pyrenees. This location largely reflects the requirements of the species (THOMAS & PACKHAM, 2003). In the Pyrenees there is little presence of yews due to low winter temperatures.

From the results we can see that they dominate relatively young forests with high density dominate according to the type of exploitation suffered. An important part of yew populations is in the Mediterranean forests, where the tree layer has different pine species. These pines probably acted as pioneer species and are now in an advanced phase towards a mixed forests or nearly pure hardwoods, with noticeable presence of yew. In a parallel study of floristic analysis of these forests we can see a fairly clear gradient of more mesophilic species in the north and more xeric species in the south (CASAS *et al*, 2015). For example, the pines in the area of Alta Garrotxa and Osona are *Pinus sylvestris* while in Llaberia and Rasquera located in the

south, they are *Pinus nigra* and *Pinus halepensis*. The oak forests with yew in the north are usually *Quercus pubescens*, while in the further south we find *Quercus faginea* and *Quercus cerrioides*. Anyway *Quercus ilex* is present throughout all the gradient. In yew woods located in the southern areas but in wetlands such as the yew forest of Tillar in Poblet we can also find mesophilic species similar to the ones in northern.

Another forest where we can find yew populations is the beech forest, often forming a lower tree layer. Mature yew forest usually form quite open forests. In the case of the yew forest of Rasquera ancient yew trees have been preserved for the use of the branches as food for goats. We also find isolated yews or forming small patches in cliffs and scree as in the case of the Turó de l'Home in Montseny massif. In general, the location of yews reflects the exploitation suffered and their ability to colonize and plasticity regarding the ecological requirements of *Taxus baccata*

Regarding the threats of the yew and its habitat, it is mostly due to anthropogenic disturbances. You can see that due to the exploitation that a large part of the forest has suffered, we can find excessive density and therefore, there is strong competition. Low vitality was associated with small distance to neighbours. SANIGA (2000) described that removal of 20% of the standing volume reduced the inter-specific competition and allowed the average height of yews to increase. Another major problem for the conservation of the yew is too much grazing as observed in this case for example in some yew woods in Alta Garrotxa and Llaberia.

The most important effect of browsing was the decrease in the density of sapling and their almost complete extinction in non-shrubby habitats and it confirms the necessity to preserve shrubby patches in the vicinity to reproductive female (GARCIA *et al*, 2000; ISZKULO *et al*, 2013). The application of different strategies to grazed and ungrazed sites strategies therefore should be the main direction in the management and preservation of yew stands in the Mediterranean region (FARRIS & FILIGHEDDU, 2008).

Identifying vulnerable areas to forest fires has made it possible to plan strategic areas, strips and ancillary areas to reduce vulnerable areas to fire. As for *Armillaria* disease different affected yew trees in the Alta Garrotxa and Llaberia have been treated with pruning and extraction

The location and classification of yew populations in Catalonia and the registration of the main threats is seen as an essential tool to plan and implement conservation actions of *Taxus baccata* in the Life *Taxus* project.

REFERENCES

- CARITAT A., VILAR SAIS L. & SALA E. (2004). Regeneración del tejo en Catalunya. *Cuadernos Sociedad Española de Ciencias Forestales* 18:97-100

CORTÉS, S., VASCO, F. & BLANCO CASTRO, E. (2000). El libro del tejo (*Taxus baccata* L.)- un proyecto para su conservación, ARBA

DHAR A., RUPRECHT H., KLUMPP R., VACIK H (2007) Comparison of ecological condition and conservation status of English yew population in two Austrian gene conservation forests

-Journal of Forestry research, 18 (3): 181–186 Springer

FARRIS E., FILIGHEDDU R. (2008) Effects of browsing in relation to vegetation cover on common yew (*Taxus baccata* L.) recruitment in Mediterranean environments. *Plant Ecology* 199:309-318

GARCÍA D., ZAMORA R., HÓDAR J.A., GÓMEZ J.M. & CASTRO J. (2000) Yew (*Taxus baccata* L.) regeneration is facilitated by fleshy-fruited shrubs in Mediterranean environments. *Biological Conservation* 95:31-38

ISZKUŁO, G., BORATYŃSKI, A., DIDUKH, Y., ROMASCHENKO, K. & PRYAZHKO, N. (2005) Changes of population structure of *Taxus baccata* L. during 25 years in protected area (Carpathians, western Ukraine). *Polish Journal of Ecology* 53(1):13-23.

ISZKUŁO G., NOWAK-DYJETA K. & SĘKIEWICZ M. (2013) Influence of initial light intensity and deer browsing on *Taxus baccata* saplings: a six years field study. *Dendrobiology* 71: 93-99

MORALES, AMJ. Mapa 489,(1992) *Taxus baccata* L. *Asientos para un Atlas corológico de la flora occidental*, 19: 196-200.

SANIGA, M. (2000) Štruktúra, produkčné a regeneračné procesy tisa občajného v Štátnej Prírodnej Rezervácii Plavno [Structure, production and regeneration processes of English yew in the State Nature Reserve Plavno]. *Journal of Forest Science (Prague)*, **46**, 76–90.

SCHWENDTNER O. (2010) Supervivencia y crisis del tejo (*Taxus baccata* L.) en el área cantábrica. II Jornades sobre el teix a la Mediterrània occidental. *Annals de la Delegació de la Garrotxa de la Institució Catalana d'Història Natural*, **4**:43-49.

SERRA LL. & GARCIA X. (2010) Distribución del tejo (*Taxus baccata* L.) en España. II Jornades sobre el teix a la Mediterrània occidental. *Annals de la Delegació de la Garrotxa de la Institució Catalana d'Història Natural*, **4**:17-42

THOMAS, P.A. & POLWART, A. (2003) Biological Flora of British Isles. *Taxus baccata* L. *Journal of Ecology* 91:489-524

TITTENSOR, R.M. (1980) Ecological history of yew *Taxus baccata* L. in southern England. *Biological Conservation*, **17**, 243–265.

WUNDER, J., BRZEZIECKI B., ZYBURA H., REINEKING B., BIGLER C. & BUGMANN H. (2008). Growth-mortality relationships as indicators of life-history strategies: a comparison of nine tree species in unmanaged European forests. *Oikos* 117: 815-828

Life TAXUS, proyecto para la conservación del habitat del tejo en Catalunya. Objetivos, metodologías y primeros resultados

JORDI CAMPRODON^{1,2*}, PERE CASALS¹, ANTÒNIA CARITAT^{1,3}, DAVID GUIXÉ¹, ANA I. RIOS¹, XAVIER BUQUERAS⁴, JARKOV REVERTÉ⁵, SARA SÁNCHEZ⁶, GUILLEM ARGERICH⁷, XAVIER GARCÍA-MARTÍ⁸

¹Forest Sciences Centre of Catalonia (CTFC). Carretera de Sant Llorenç de Morunys, km 2. E-25280 Solsona. Catalonia.

²Departament of Environmental Sciences. University of Vic – Central University of Catalonia. Carrer de la Laura, 13. E-08500 Vic. Catalonia.

³Laboratory of Landscape Analysis and Management. University of Girona. Catalonia.

⁴Paratge Natural de Poblet. Alberg de Joventut Jaume I. L'Espluga de Francolí. Catalunya.

⁵Consorci de la Serra de Llaberia. Catalunya.

⁶Consorci de l'Alta Garrotxa. Catalunya.

⁷Consorci de Polítiques Ambientals de les Terres de l'Ebre (COPATE). Plaça Lluís Companys s/n E-43870 Amposta. Catalonia⁸

⁸ Bioma Forestal. Piso 1º Oficina 5 Polígono Parque Empresarial La Muga. 31160. Orkoien. Navarra.

*jordi.camprodon@ctfc.cat

RESUMEN

El proyecto LIFE TAXUS “Mejora del estado de conservación de *Taxus baccata* en el noreste de la Península Ibérica” (LIFE 11 NAT / ES / 711) tiene como objetivo mejorar significativamente el conocimiento y conservación de las poblaciones de tejo en Cataluña (desde 2012 hasta 2016). En la primera parte del proyecto se realizó la descripción ecológica y la cartografía de los bosques de tejo catalanes. Más tarde se centraron las acciones en seis Zonas Especiales de Conservación (ZEC): el Alta Garrotxa y la Ribera Salada en el Pre-Pirineo, Montserrat, el bosque de Poblet y les Muntanyes de Prades, la Serra de Llaberia y la Serra de Cardó situadas en el Sistema Pre-Litoral Catalán.

Los bosques de tejo catalanes suelen estar formados por pequeños rodales (de unas pocas hectáreas cada uno) en las laderas de las Pre-Pirineo y montañas prelitorales. La competencia interespecífica, el pastoreo excesivo, los incendios forestales y el aislamiento geográfico son las principales perturbaciones que afectan al tejo y resto de especies leñosas que componen el hábitat. Estas perturbaciones pueden empeorar las condiciones en el actual contexto de cambio climático. Los objetivos de conservación del proyecto *Life* son mejorar la estructura, resiliencia y funcionalidad de las tejedas mediante el aumento de la madurez y la heterogeneidad ecológica del hábitat. Con el fin de alcanzar los objetivos principales en cada área se llevan a cabo las siguientes acciones de conservación:

1. Clara selectiva para regular la competencia de especies leñosas sobre el tejo.
2. Tratamiento fitosanitario de árboles infectados por *Armillaria*, mediante poda de los árboles debilitados y eliminación de árboles muertos y muy enfermos.
3. Producción de plantones de tejo para reforzar

las poblaciones de tejo con falta de regeneración.

4. Favorecer a los dispersores de semillas de tejo y a las especies de árboles y arbustos acompañantes a través de acciones como: clara selectiva alrededor de los árboles que producen bayas o de interés especial de conservación, la plantación de plántulas de especies acompañantes y la instalación de abrevaderos para aves.

5. Mejorar de la resiliencia del sistema a los incendios forestales, mediante la realización de tratamientos forestales de baja intensidad para reducir la carga de combustible en zonas estratégicas de gestión.

6. Regulación del ganado dentro de las zonas con tejo. Exclusión de pastoreo en algunas parcelas con altas densidades de plántulas por medio de cercas temporales y la recuperación de las zonas de pastoreo alternativas.

Entre 2012 y 2013 se llevaron a cabo inventarios florísticos y ecológicos así como la cartografía de las tejedas. Entre 2013 y 2014 se firmaron contratos de custodia del territorio con los propietarios privados. Se recogieron semillas de tejo y se sembraron en vivero. Durante el 2014 empezaron las obras de conservación y terminarán en el año 2016 con buenos resultados. Para evaluar la respuesta del tejo, de otras plantas del hábitat y de los dispersores de semillas a las acciones de conservación, se realizó un cuidadoso monitoreo de las variables ecológicas. Por último, el proyecto también tiene objetivos sociales llevados a cabo por las acciones de difusión. Las tejedas se utilizan como hábitat bandera para sensibilizar del propio patrimonio natural entre la población local y fomentar el ecoturismo en estas áreas naturales.

PALABRAS CLAVE

Conservación del hábitat, gestión forestal, regeneración, tejedas, *Taxus baccata*, Proyecto Life *Taxus*.

ABSTRACT

The LIFE project TAXUS “Improvement of *Taxus baccata* conservation status in the northeastern Iberian Peninsula” (LIFE11 NAT / IS / 711) aims to significantly improve the understanding and conservation of yew groves in Catalonia (2012-2016). At first, the project conducted the ecological description and mapping of the Catalan yew forests. Then, the project focused the action in six Special Areas of Conservation (SAC): Alta Garrotxa and Ribera Salada in the Pre-Pyrenees, Montserrat, the Bosc de Poblet and the Muntanyes de Prades, the Serra de Llaberia and the Serra de Cardó placed in the Pre-Litoral Mountains.

The Catalan yew forests cover small stands (of a few hectares each) on the slopes of the Pre-Pyrenees and Pre-Litoral mountains. Interspecific competition, excessive grazing, forest fires and geographical isolation are the main perturbations affecting the yew and the rest of the ligneous species making up the habitat. These perturbations may worsen in the current context of climate change. The conservation aims of the Life project are to improve the structure, resilience and functionality of the yew groves through increasing the maturity and ecological heterogeneity of the habitat. The following conservation actions are carried out in order to achieve the main aims of each area:

1. Selective felling to regulate the competition from other woody species.
2. Phytosanitary treatment of trees infected by *Armillaria*, pruning the weakened trees and removal of dead and very sick trees.
3. Production of yew seedlings to reinforce populations in yew stands with lack of regeneration.
4. Strengthen the seed dispersers and the accompanying tree species of the habitats by tree actions: selective felling around trees that produce berries or with a special interest of conservation, the plantation of saplings to reinforce the production of accompanying tree species and installing bird baths.
5. Improving the resilience of the system to forest fire, by performing low-intensity forestry treatments to reduce fuel loads in strategic management zones.
6. Cattle regulation inside the yew groves. Exclusion of grazing in some plots with high densities of seedlings by means of temporary fencing and recovery of alternative grazing zones.

In 2012 and 2013 ecological and flora inventories and yew grove mapping was conducted. Between 2013 and 2014 land stewardship was signed with private owners and seeds of yew and other scarce woody plants were collected and germinated in a nursery for their growth. During 2014

The conservation works began and will finish in 2016 with successful results. To evaluate the response of the yew and other plants and the seed dispersers to the conservation actions, accurate monitoring of ecological variables are carried out. Finally, the project also has social aims carried out by dissemination actions. The yew

groves are used as a flag habitat to highlight their natural heritage among the local population and encourage ecotourism in these natural areas.

KEY WORDS

Habitat conservation, forest management, regeneration, yew forests, *Taxus baccata*, Life Taxus Project

INTRODUCCIÓN

El tejo (*Taxus baccata* L.) es un árbol emblemático, uno de los más longevos del mundo, con un enorme valor como patrimonio cultural, natural y científico. Es una especie ampliamente distribuida por Europa, en regiones con inviernos templados y humedad relativamente elevada. Cuando estas condiciones son más limitantes, el tejo se halla recluso en enclaves favorables y resguardados de los extremos térmicos (THOMAS & POLWART, 2003). Por consiguiente, en la región Mediterránea, el tejo crece en poblaciones pequeñas, aisladas en barrancos y cantiles umbríos o como especie del subvuelo en algunos bosques (CORTÉS *et al.*, 2000; PIOVESAN *et al.*, 2009). Ante su rareza y varias amenazas, especialmente su recolección como verde navideño, en el año 1984 fue declarada especie protegida por la Generalitat de Catalunya.

Las tejedas mediterráneas, probablemente aisladas en la última glaciación (Bennet *et al.* 1991), se encuentran actualmente en declive como consecuencia del calentamiento global, mostrando evidencias de regresión en el sudoeste europeo. Es muy probable que las tejedas mediterráneas sufran un fuerte declive hacia finales del presente siglo (ÀGUILA *et al.*, 2016). Sin embargo, las condiciones climáticas no son las únicas causas de la regresión de las tejedas. Diversos estudios en Europa coinciden en que las transformaciones provocadas por la actividad del hombre en los bosques (deforestaciones masivas, sobrepastoreo, aprovechamiento selectivo del tejo, incendios) han afectado muy negativamente al tejo (PIOVESAN *et al.*, 2009). En las últimas décadas, la reducción de la presión antrópica sobre los bosques, en general, y los tejos, en particular, ha desencadenado algunos cambios notables que, en el caso de las tejedas, parecerían estar traducéndose en signos de recuperación. Sin embargo, aunque el tejo puede presentar una regeneración abundante, su persistencia es muy frágil tanto en las poblaciones del norte de Cataluña como, y sobre todo, en las del sur (CARITAT & BAS, 2007). Numerosas poblaciones europeas de tejo muestran indicios de colapso de regeneración (GARCÍA, 2006) muchas veces provocado por ausencia de aves dispersoras; depredación post-dispersiva de semillas y plántulas; o pisoteo y ramoneo de plántulas y juveniles por ungulados domésticos y salvajes. Además, en la zona mediterránea, las masas adultas se encuentran amenazadas por la aridez del clima o los incendios forestales. Estas amenazas, en parte naturales, se acentúan de manera importante

con la presión humana sobre los espacios naturales como consecuencia directa de la construcción de infraestructuras (carreteras, pistas, polígonos), pastoreo, recolección de plantas para su uso ornamental o, indirecta, por incendios. Estos problemas de conservación se agravan por la existencia de legislaciones autonómicas y nacionales dispares y aplicaciones laxas de las normativas proteccionistas.

Por estos motivos, las tejedas mediterráneas constituyen un hábitat prioritario para la conservación de la biodiversidad en la Unión Europea (Hábitat 9580* Bosques mediterráneos de *Taxus baccata*, European Council Directive 43/92/EEC) y su conservación es susceptible de ser financiada por el programa LIFE, instrumento financiero de la Unión Europea diseñado con la finalidad de contribuir a la aplicación, actualización y desarrollo de la política y legislación comunitaria para la conservación del medio ambiente. Además, la singularidad de las tejedas permite difundir el interés de conservación de la biodiversidad y extenderlo mucho más allá de su hábitat. Y esto es la esencia y motivación del proyecto Life TAXUS, que tiene como finalidad contribuir de forma significativa a la conservación de las tejedas mediterráneas en Cataluña, como un paraguas a la protección y defensa del patrimonio natural y cultural mediterráneo, en zonas socioeconómicamente deprimidas.

En Cataluña, las tejedas son una comunidad vegetal rara, con una distribución limitada, siempre cubriendo superficies exiguas. Se distribuyen por los Prepirineos y las sierras litorales, desde la Alta Garrotxa hasta los Ports de Beseit, con buena parte de las localizaciones en las comarcas de Tarragona. En general, las poblaciones de tejo de Cataluña se sitúan en enclaves de montaña, generalmente cerca o en acantilados calcáreos – a veces silíceos, como en el bosque de Poblet- y canales umbrías; o como comunidad subordinada o en forma de tejos aislados en hayedos, pinares o encinares. En este mismo libro, CARITAT y colaboradores (2016) analizan con detalle la distribución y estructura de las tejedas en Cataluña. Life TAXUS se desarrolla en los principales espacios ZEC de la red Natura 2000 de Cataluña con tejedas (Figura 1): Alta Garrotxa-Massís de les Salines; Bosc de Poblet-Muntanyes de Prades; Serra del Llaberia; Serra de Cardó-El Boix. Complementados por acciones más concretas en otras tejedas distribuidas por los siguientes espacios: Serra del Montsec, Ribera Salada, Guillerries, Montseny, Montserrat-Roques Blanques, muntanyes de Prades, Serra del Montsant, Serres de Tivissa-Vandellós y massís dels Ports.

A continuación se describen las principales acciones de conservación realizadas en el marco del proyecto TAXUS y los resultados obtenidos (Tabla 1).

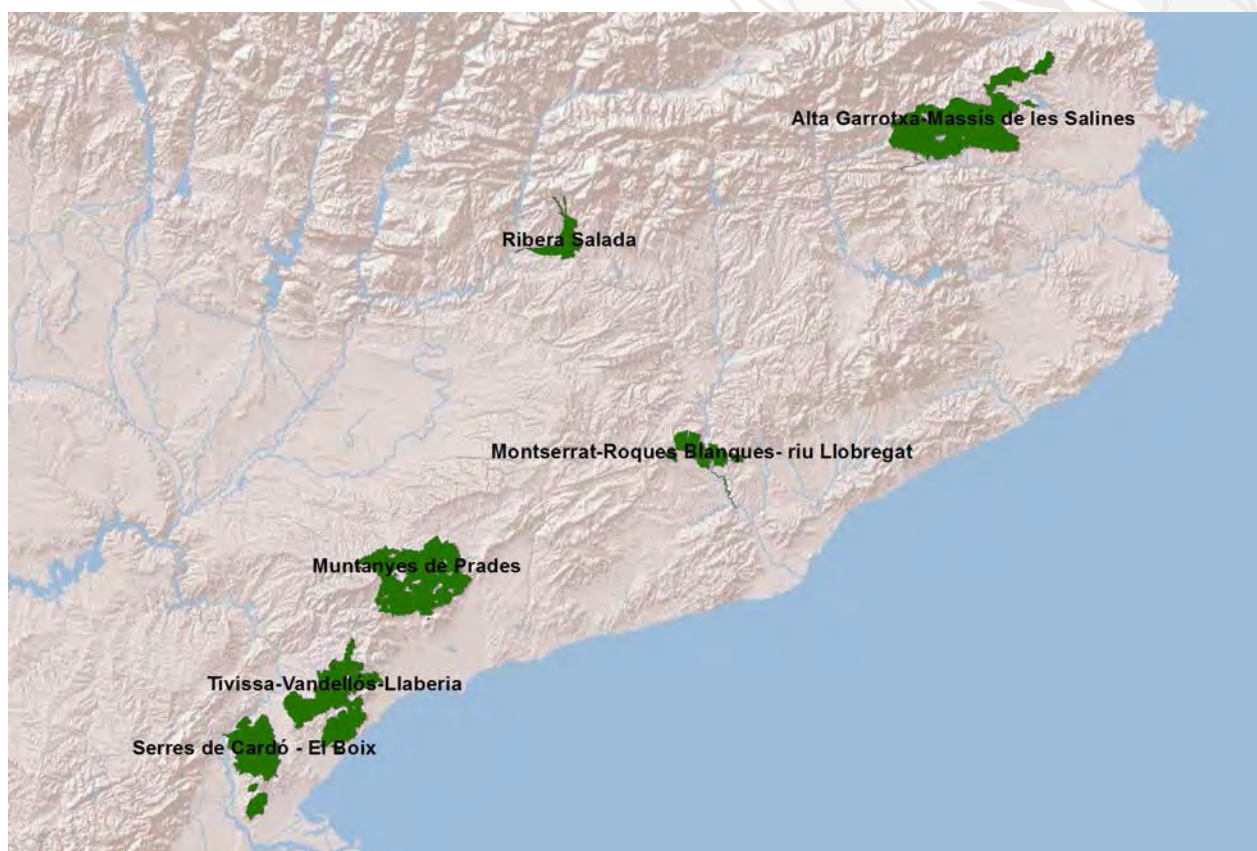


Figura 1. Localización de las principales zonas de actuación del proyecto Life Taxus.

Tabla 1. Principales resultados obtenidos durante el proyecto Life TAXUS según acción.

Acciones preparatorias	
Acuerdos de custodia con propietarios	73 acuerdos firmados con propietarios de tejedas.
Inventariado y Cartografía	284 ha inventariadas en 33 tejedas de 11 ZEC y 69 ha de tejeda densa.
Planes de gestión	Planes específicos para 4 ZEC. Protocolo de actuación, prescripciones técnicas, tipología de operarios, mediciones.
Acciones de conservación	
Regulación de la competencia interespecífica para favorecer tejos adultos, juveniles y plantones	Reducción de la competencia en 7500 tejos actuando sobre 18.000 pies acompañantes.
Regulación de competencia para favorecer especies productoras de frutos	290 pies tratados en una superficie de 37,1 ha.
Tratamientos sobre tejos muertos o decaídos por infecciones fúngicas	Retirada o poda de unos 200 pies afectados por <i>Armillaria</i> .
Exclusión del herbivorismo por ungulados domésticos y recuperación de zonas de pasto fuera de las tejedas	70 Cercados de exclusión Llaberia y 135 en Serra de Cardó. 1,3 ha de cercado perimetral en Miscelòs con recuperación de 3 ha de pasto.
Refuerzo de poblaciones mediante plántulas de tejo obtenidas de semillas de la zona	Producción de 3000 plántulas de tejo en 2014 y 2015. Plantación de 500 plántulas en Alta Garrotxa, Llaberia y Cardó en 2015 y 2500 en 2016 incluyendo Poblet.
Fomento de la dispersión de las semillas por aves frugívoras	Instalación de 12 bebederos prefabricados y adecuación de 4 puntos de recogida de agua de lluvia.
Incremento de la diversidad florística de las tejedas por plantación de especies leñosas acompañantes	Plantación de 2.260 plántulas de especies productoras de fruto.
Actuaciones silvícolas para la defensa contra incendios	Ejecución de zonas perimetrales y puntos estratégicos de gestión.
Acciones de defensa contra la erosión	Acondicionamiento de senderos y accesos y protección de tejos mediante fajinas.
Principales acciones de divulgación y sensibilización pública	
Página Web	www.taxus.cat
Difusión a los medios de comunicación	Entrevistas y reportajes en radio, prensa, TV de ámbito local, regional y nacional.
IV jornadas Internacionales del Tejo y las Tejedas	Reunión de 140 expertos e interesados en la ecología y conservación de las tejedas y usos y cultura del tejo.
Jornadas técnicas	Discusión de custodia, gestión y conservación de las tejedas en la región mediterránea con técnicos y propietarios forestales.
Reuniones con pastores y ganaderos	Consenso de medidas para la compatibilización de los usos ganaderos y la conservación de las tejedas.
Educación ambiental	Elaboración de dossieres didácticos y actividades educativas para las escuelas, familias y público en general en las principales zonas de actuación.
Exposición y edición de material divulgativo	Exposición itinerante sobre las tejedas, paneles informativos y edición de folletos, opúsculos y manual de buenas prácticas.

PROYECTO LIFE TAXUS: ACCIONES DE CONSERVACIÓN

El proyecto TAXUS incide en los problemas principales que afectan a las poblaciones del tejo y a su hábitat en Cataluña, llevando a cabo actuaciones de gestión especialmente diseñadas para la mejora de la conservación de las tejedas. En Cataluña, el hábitat del tejo está incluido en siete Zonas Especiales de Conservación (ZEC).

Las principales actuaciones de gestión tienen como objetivos la mejora del vigor de los tejos y otras especies leñosas de interés para la conservación, el aumento del reclutamiento de juveniles

de tejo y otras especies leñosas del hábitat, la disminución del riesgo de incendio y riesgos de erosión (Figura 2). A pesar de que el aislamiento genético sea una de las principales amenazas para las poblaciones mediterráneas de tejo, no existe suficiente información para poder realizar actuaciones con una base científica (Miquel Riba, comunicación personal 2015) y, debido a que los estudios de base no son financiados por el instrumento LIFE, en TAXUS no se han llevado a cabo actuaciones en este sentido.

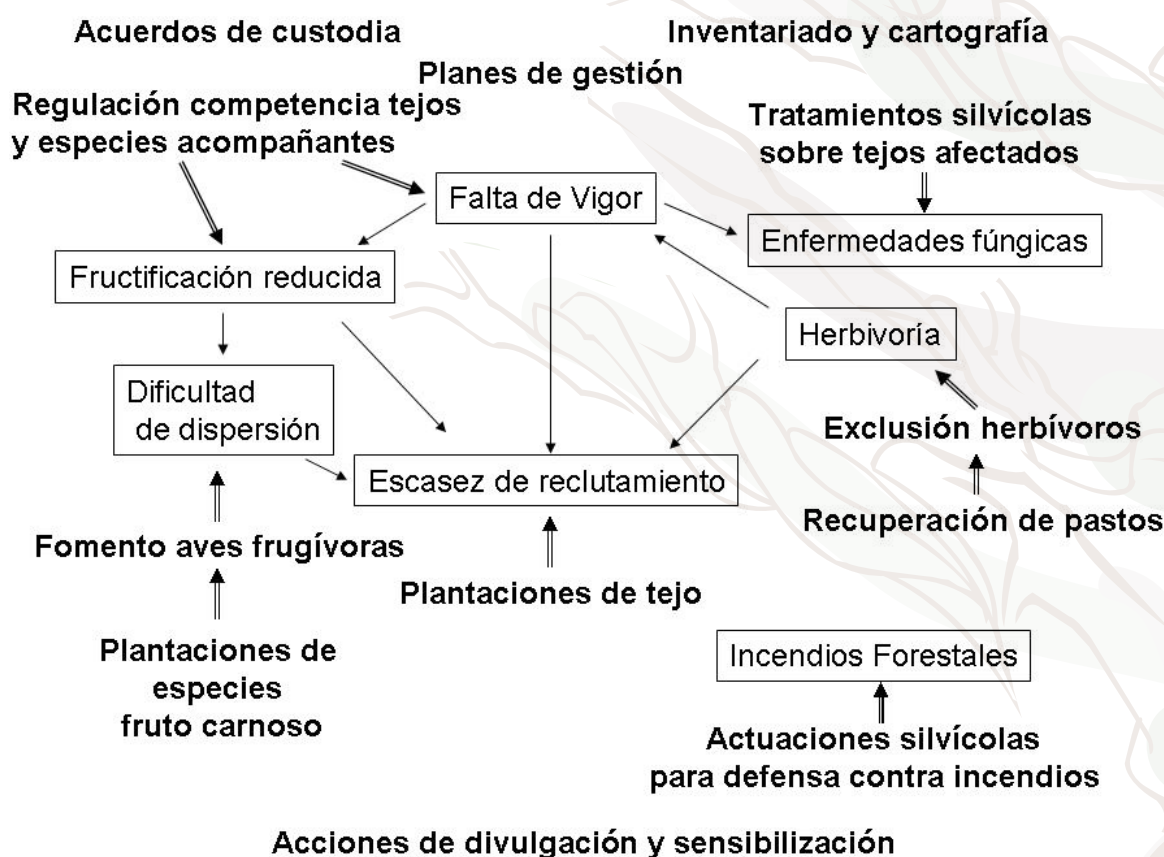


Figura 2. Principales acciones realizadas en el proyecto Life TAXUS y principales amenazas de las tejedas de Cataluña.

ACCIONES PREPARATORIAS Y COMPLEMENTARIAS A LA CONSERVACIÓN

Inventarios, planes de gestión y acuerdos con propietarios

El proyecto ha actualizado la información existente sobre bosques con tejo en Cataluña y descubre nuevas localidades de tejeda no inventariadas. En 2013, se inventariaron y cartografiaron 284 ha de bosque con presencia de tejo y con 69 ha de tejeda densa de un total de 33 tejedas en once ZEC. La superficie media por tejeda era de $2 \pm 1,8$ ha, con una superficie máxima continua de tejeda densa de 6,6 ha (tejeda de Miscelòs, Alta Garrotxa). Las tejedas más maduras, formadas básicamente por árboles centenarios son la tejeda de

Cosp (Serra de Cardó) y la del Barranc de la Fontfreda (Serra del Montsec). Estos inventarios permiten conocer con detalle la estructura forestal y estado de conservación de las tejedas con el fin de planificar a escala de proyecto ejecutivo las acciones a desarrollar y su magnitud. Las principales tipologías de tejedas de Catalunya pueden encontrarse en este mismo libro (CARITAT *et al.* 2016) y en CASALS *et al.* 2015. Se han redactado planes de gestión para las cuatro zonas principales del proyecto: Alta Garrotxa, Bosc de Poblet, Serra de Llaberia y Serra de Cardó (Figura 2).

A lo largo de 2013 y 2014 se han firmado 72 acuerdos de custodia con propietarios privados en Alta Garrotxa (3 acuerdos), Ribera Salada (1), Montserrat (1), Serra de Cardó (1), Muntanyes de Prades (6) y Llaberia (60). Los

acuerdos son un pacto voluntario entre el propietario de un terreno rústico y una asociación o ente público, que garantizan la conservación por un período tiempo (más información en <http://custodiateritori.org/>). Estos acuerdos engloban la transmisión de la gestión por arrendamiento, la redacción de un plan forestal para el conjunto de la finca o la mejora de

espacios abiertos para el pasto. Existen distintas modalidades de acuerdo, básicamente: apoyo a la gestión; transmisión de la gestión, transmisión de la propiedad (Tabla 2). REVERTÉ y BAQUES (2016) en este mismo libro exponen con más detalle el proceso para establecer acuerdos de custodia en las tejedas de Llaberia.

Tabla 2. Acuerdos de custodia firmados por tipología.

Grupo	Tipo	Nº de acuerdos	Zona
Trasmisión de la gestión	Constitución de un Derecho Real	4	Llaberia
Apoyo a la gestión	Acuerdo custodia	22	Llaberia, Alta Garrotxa, Ribera Salada y Prades
	Convenio de colaboración	1	Llaberia
	Autorización	45	Llaberia, Cardó i Montserrat
Número total de acuerdos		72	

ACCIONES DE DIVULGACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN

Estas acciones tienen como finalidad sensibilizar a la población en general de la vulnerabilidad de los sistemas forestales mediterráneos y de las tejedas en particular, a la vez que difunde el significado de la red Natura 2000 y las ZEC. Para ello, se ha diseñado una página web del proyecto (www.taxus.cat), folletos y paneles informativos y se ha participado en los medios de comunicación (TV, radio y prensa) locales, regionales y nacionales. También se realizó una exposición fotográfica itinerante que constituye un atractivo principal para generar actividades de divulgación y educativas en las localidades que visita y sensibilizar al conjunto de la población sobre la preservación del propio patrimonio natural. Con el fin de sensibilizar sobre la necesidad de gestionar los bosques

mediterráneos y discutir los objetivos e instrumentos necesarios, se ha llevado a cabo dos jornadas con técnicos y propietarios forestales. De manera más concreta, con el fin de compatibilizar el pastoreo y la conservación de las tejedas se han realizado reuniones de trabajo con ganaderos y pastores de las zonas de actuación y se han consensuado las actuaciones con los propietarios de las tejedas. Se han realizado programas de educación ambiental para las escuelas adaptados a cada zona de actuación del proyecto. Incluyen material divulgativo específico y un recorrido para visitar las tejedas in situ. Finalmente, una de las principales actividades del TAXUS fue la organización de las IV Jornadas Internacionales del Tejo y las Tejedas, de las cuales derivan estas actas.

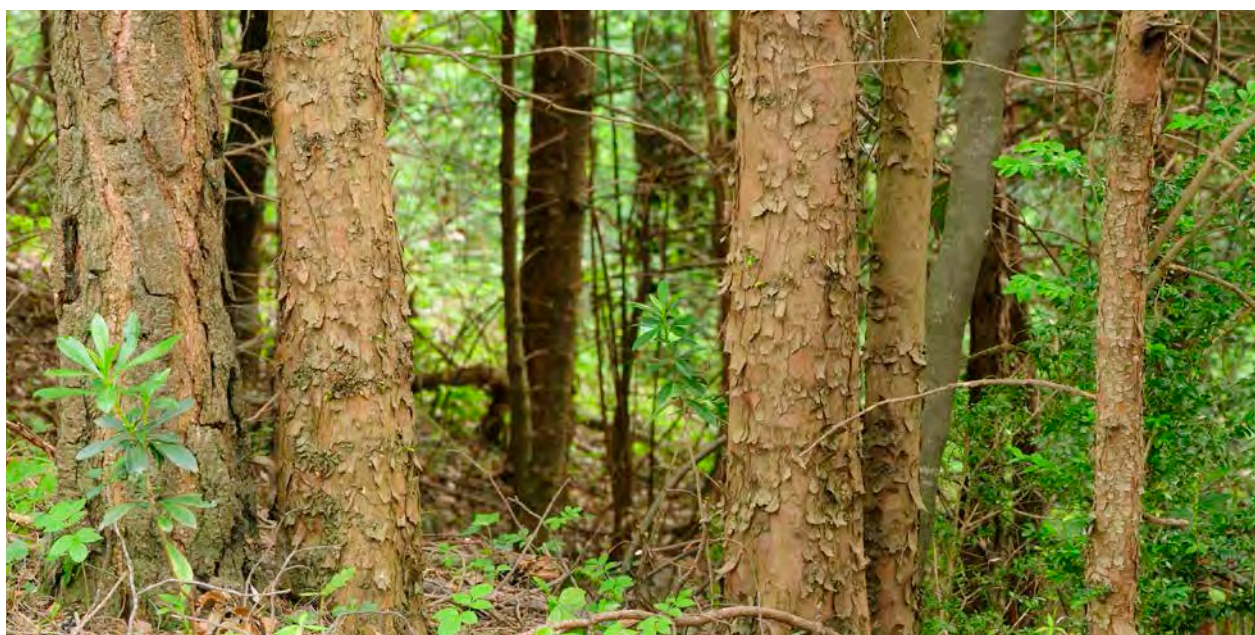


Figura 3. Detalle de la tejeda de Misedòs (Alta Garrotxa) la más densamente poblada por tejos de Cataluña. Foto: Jordi Bas.

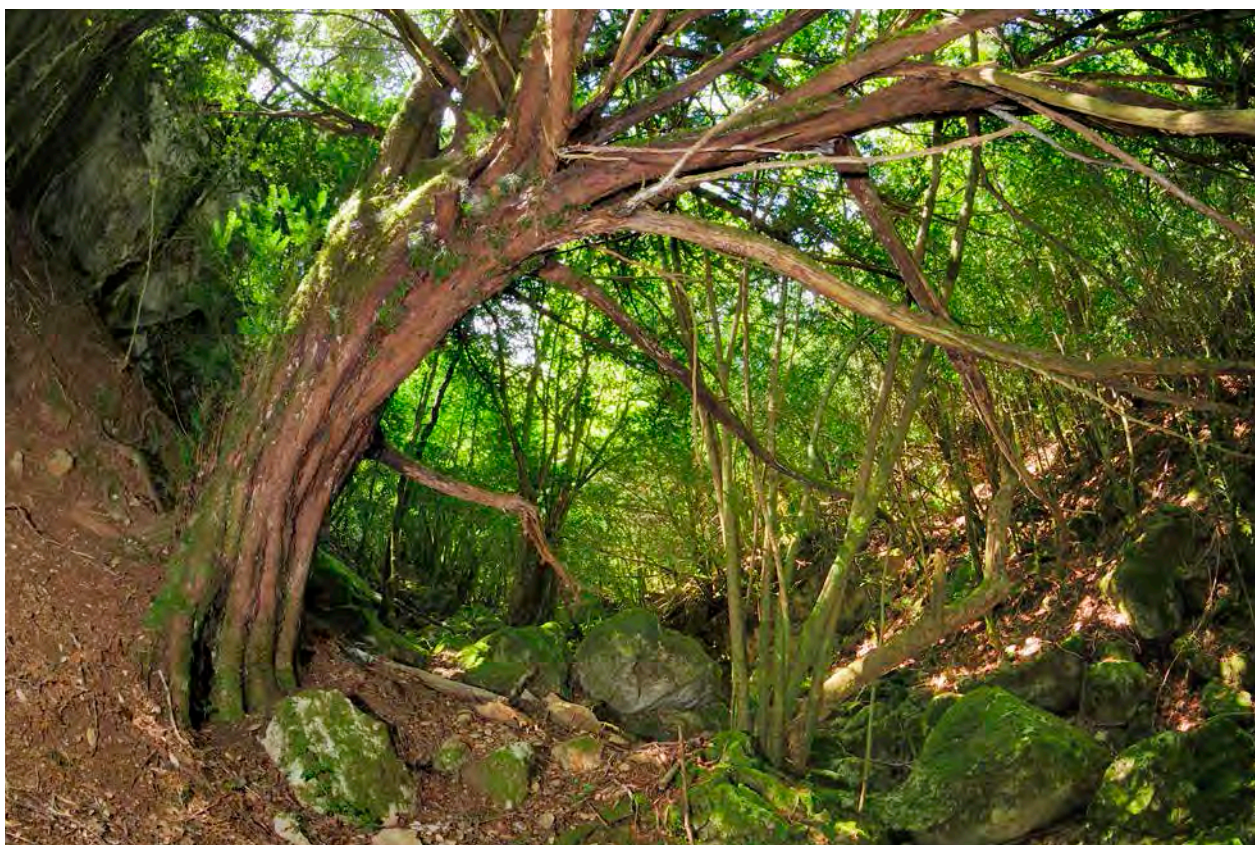


Figura 4. Tejeda del Barranc del Títlar (Bosc de Poblet), donde se aprecia la composición mixta del rodal en fondo de barranco. Foto: Jordi Bas.

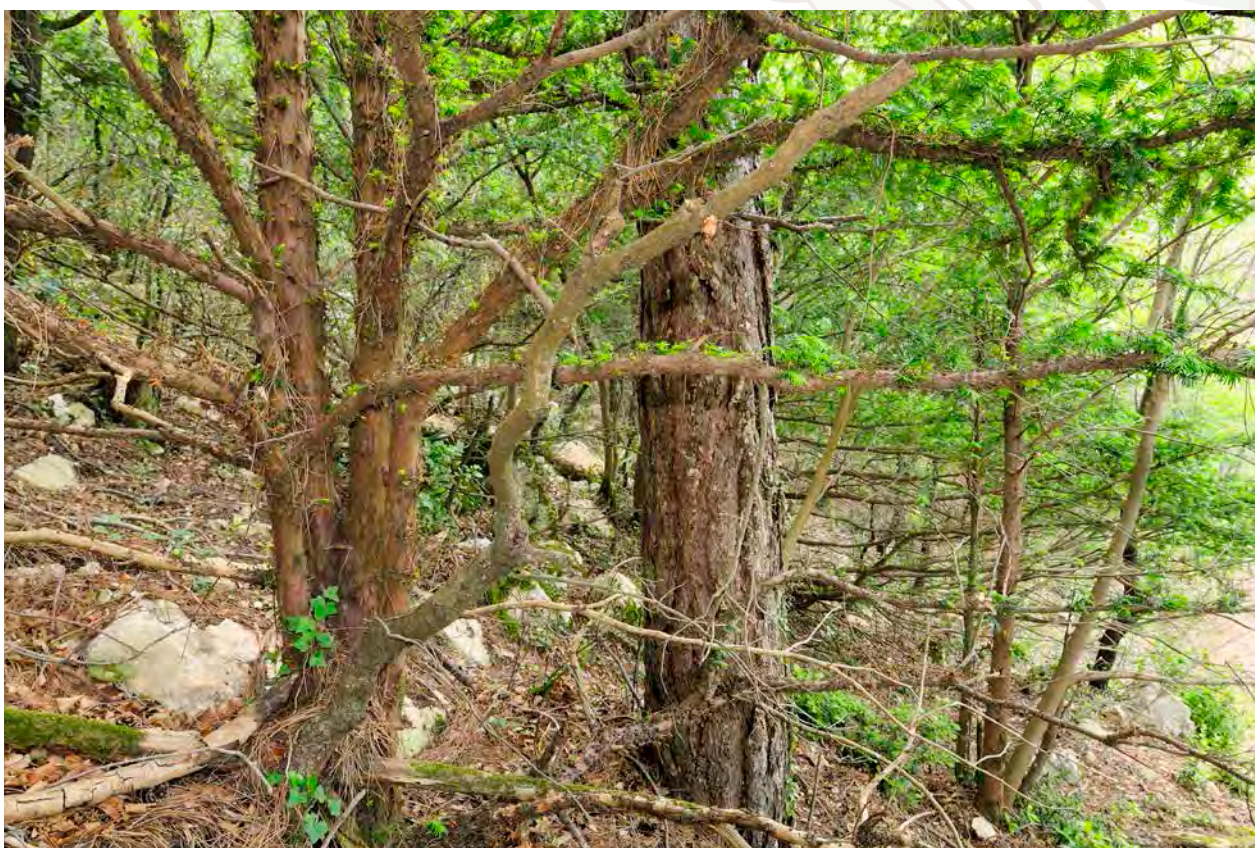


Figura 5. Detalle de una tejeda de la Serra de Llaberia, donde se aprecia la competencia entre especies arbóreas. Foto: Jordi Bas.



Figura 6. Detalle de los tejos centenarios de la tejeda de Cosp (Serra de Cardó). Foto: Jordi Bas.

ACCIONES DE CONSERVACIÓN

Mejora del vigor de los tejos y especies acompañantes: actuaciones de regulación de la competencia

Para germinar y sobrevivir hasta la edad adulta, el tejo necesita de una cierta cobertura que le protege de la sequía estival y el ramoneo de herbívoros. Además, algunos autores señalan la competencia por la luz como una de las principales razones del declive del tejo, especialmente en bosques densos de haya (AMALESH *et al.*, 2007) o encina. Así, en varios estudios desarrollados sobre poblaciones centro europeas (ISZKULO & BORATYNSKI, 2004), pero también en poblaciones ibéricas, se ha observado cómo la cobertura forestal ejercía una competencia excesiva para el adecuado crecimiento de los individuos de tejo, y cómo este crecimiento mejoraba con la ejecución de tratamientos de dosificación de la competencia (CARITAT & BAS, 2007). En la Serra de la Llaberia (CAMPRODON *et al.*, 2010) o Poblet (VIVES, 2006), se observaron algunos síntomas de decaimiento, como la existencia de hojas o ramas secas, que podrían ser debidos a un estrés hídrico provocado por episodios de sequía en los últimos años. La producción de frutos de los tejos y de otras especies acompañantes de interés para la fauna también es susceptible de mejorar después de una reducción de la competencia por la luz.

En esta acción se ha disminuido la competencia de otras especies respecto al tejo y sobre otras especies de interés del hábitat (*Ilex aquifolium*, *Sorbus aria*, *Sorbus domestica*, *Sorbus torminalis*, *Phillyrea media*) mediante entresacas, resalveos, podas, desbroces selectivos y eliminación de especies leñosas alóctonas. Esta es la acción de conservación que más esfuerzos ha requerido, dado que implica la totalidad

de localidades y tejedas y es la acción con resultados más transversales (vigor, fructificación, reducción del riesgo de incendios). Además de mejorar el crecimiento, esta actuación contribuye a aumentar la producción de frutos en los tejos y otros árboles adultos y disminuir el ataque por hongos. Así, se ha observado que los tejos hembra han comenzado a producir fruto después de la actuación del primer año. Un análisis de la relación de isótopos de carbono en hojas de tejos juveniles sugiere que tienen un mayor estrés hídrico cuanto mayor es el área basal de otros árboles en las inmediaciones. Sin embargo, también presentan un mayor estrés cuanto menor es la cubierta de árboles por encima de la copa de pies de menor tamaño (diámetro normal entre 2,5 y 7,5 cm, ver RÍOS *et al.* 2016 en este mismo libro; CASALS *et al.*, 2015). Por consiguiente, esta actuación implica un trabajo pie a pie para diagnosticar y diseñar la actuación silvícola de forma individualizada, según la tipología de competencia entre el tejo objetivo y los árboles vecinos: mecánica, por el agua o por la luz. Así, se han realizado tres tratamientos: 1) entresaca moderada, 2) entresaca fuerte, 3) desbroce alrededor de plantones y juveniles (Tabla 3). Se ha actuado sobre unos 7500 tejos cortando o podando unos 18.000 pies de árboles próximos para reducir la competencia. Además se han tratado 290 pies de especies acompañantes de interés por sus frutos. Esta actuación se ha llevado en dos años, el primer año para observar la reacción de los árboles objetivo y el segundo para aumentar la intensidad de entresaca en algunos casos concretos, una vez comprobada la falta de efectos negativos sobre la vitalidad de los tejos tratados. Hasta donde conocemos, es la primera vez que se ensayan distintos tratamientos y se efectúa un seguimiento ecológico minucioso pie a pie y en distintas localidades biogeográficas. Esto va a permitir obtener directrices de

gestión forestal sobre la intensidad de entresaca a aplicar en función del objetivo. Estas directrices serán fácilmente transferibles a otras especies y regiones mediterráneas. Finalmente, la acción ha contemplado la generación de madera muerta para favorecer la biodiversidad y la dinámica forestal, mediante derribo o anillado de árboles en pie.



Figura 7. Inventario, marcaje y clara selectiva en tejeda de la Serra de Llaberia. Fotos: Jordi Bas.

Tratamiento de tejos muertos o decaídos por infecciones fúngicas, para mejorar el estado sanitario y evitar la propagación de la enfermedad

Las condiciones de estrés, especialmente las causadas por la deficiencia de agua, pueden facilitar la afectación por hongos e incluso la muerte de los tejos, a pesar de ser una especie especialmente resistente. Así, en la tejeda de Miscalòs, en el Alta Garrotxa, se registraron muertes de tejos por daños en las raíces producidos por el hongo *Armillaria* después de unos años de sequía, mientras que algunos individuos parcialmente afectados se recuperaron después de un tratamiento de poda (CARITAT & BAS, 2007).

Aunque la infección por hongos forma parte de la dinámica natural del bosque, en esta acción se optó por intervenir puesto que un episodio fuerte de la infección podría comprometer seriamente a las tejedas, que ocupan extensiones exigüas. Así, el objetivo de la acción es evitar la expansión de la infección *Armillaria* mediante tratamientos silvícolas en la tejeda de Miscalòs (Alta

Garrotxa), en Llaberia y en Poblet. Los tratamientos consisten en cortar y retirar los pies altamente afectados por el hongo y efectuar podas en los tejos adultos de mayor tamaño (Miscalòs). En total, en Miscalòs, se retiraron 4 tejos muertos y se podaron 12 pies adultos de tejo, en Poblet se retiraron 10 árboles juveniles muertos y en Llaberia, se extrajeron 3 adultos y un centenar de juveniles muertos y se trataron 70 tejos afectados.

Acciones de exclusión de herbivorismo

Muchos estudios realizados sobre poblaciones tanto centro europeas (HULME, 1996; SVENNING & MAGARD, 1999; THOMAS & POLWART, 2003) como mediterráneas (GARCÍA & OBESO, 2003; FARRIS & FILIGHEDDU, 2008; PIOVESAN *et al.*, 2009) señalan el ramoneo de los tejos juveniles como una de las principales causas del colapso de las poblaciones de tejo. A pesar de ser una planta tóxica, mortal para los humanos, los rumiantes resisten bien la sustancia tóxica (taxina) hasta el punto de tener una gran apetencia por las hojas verdes de los tejos. En la Península Ibérica se ha podido comprobar que el ramoneo por ungulados, tanto domésticos como silvestres, constituye una de los principales problemas de la regeneración de la especie. Además parece que la afección producida por el herbivorismo subyace a la mayor parte de problemas sanitarios en los individuos jóvenes, como ocurre en una parte importante de las poblaciones ibéricas (GARCÍA *et al.*, 2000) y centro europeas (SVENNING & MAGARD, 1999) de la especie. En Cataluña, los daños causados por cabras y vacas en plántulas y juveniles de tejo son muy elevados cuando no están “tutoradas” por plantas espinosas (*Smilax*, *Juniperus* y *Rubus*) que los protegen de los herbívoros. La afectación es especialmente grave en las tejedas de la Serra de Llaberia y en la tejeda de Cosp (Serra de Cardó), mientras que los causados por vacas lo son en algunas poblaciones de la Alta Garrotxa.

Para solventar el efecto del ramoneo sobre los plantones y juveniles de tejo que realizan los animales domésticos y salvajes, en esta acción se han construido cercados de diferente perímetro en Llaberia y en la tejeda de Cosp (Rasquera). En Llaberia y Cardó, donde el ramoneo es causado por cabras, se han construido cercados con malla cinegética aprovechando árboles existentes como puntales. Los cerrados son de diverso tamaño, con el fin de proteger desde solamente un juvenil hasta un rodal con diversas plántulas de unas decenas de metros cuadrados (30-1000 m²). Estos cercados se moverán a otras parcelas a medida que los tejos crezcan por encima del alcance de las cabras. En total se han construido 70 cercados en Llaberia, un total de 22 ha protegidas, y 135 en Rasquera. En Miscalòs (Garrotxa), donde el ramoneo es causado por bovino, se ha construido un cercado eléctrico perimetral para evitar el acceso al núcleo principal de la tejeda, de 1,3 ha. Con el fin de compensar por la pérdida de superficie al ganadero, se han recuperado 3,1 ha de pastos matorralizados en una zona próxima a la finca.



Figura 8. Protección de regenerado y juveniles de tejo contra ungulados. A la derecha se observa ejemplar recuperándose del ramoneo. Fotos: Jordi Bas.

Refuerzo de la regeneración de tejedas mediante plantación

Uno de los principales problemas de las tejedas mediterráneas es la falta de regeneración. El tejo es una especie delicada que necesita humedad y sombra para su germinación. Además de los aspectos microclimáticos, la regeneración y reclutamiento de plantas está limitada por la producción de semillas y su dispersión. El objetivo de la acción es la restauración de las tejedas del proyecto a través de la repoblación, allí donde la regeneración natural es insuficiente o nula. Se utilizó la plántula de *Taxus baccata* producida en vivero, a partir de material local para garantizar el origen genético de las plántulas.

En esta acción se recogieron unos 28.000 arilos en dos campañas sucesivas, y se trataron siguiendo el protocolo descrito por GARCÍA-MARTÍ (2007) y en colaboración con el Banco de Semillas Forestales (CIEF) de la Generalitat Valenciana (GARCÍA-MARTÍ *et al.*, 2016). RÍOS y colaboradores (2016) detallan el proceso de obtención de semillas y los principales resultados en este mismo libro. La segunda recolección se llevó a cabo debido a que la prueba de germinación de las semillas del primer año fue muy baja (12-30%), seguramente debido a la sequía que habían tenido los árboles durante ese verano. El segundo año, la viabilidad de las semillas se estimó en 50-65%. Como resultado se han producido unas 3000

plántulas de tejo en vivero. Las plántulas germinan en su mayoría en la primavera del segundo año (18 meses después de su recolección y tratamiento) y permanecen en vivero hasta el segundo otoño después de germinar.

Todo el proceso ha sido estrictamente trazado, de manera que se conoce el origen de cada lote de plántulas, que se plantan con dos o tres años en función de la zona de procedencia. La plantación se efectúa dentro de los cercados de exclusión del ganado allí donde no se observa regeneración o muy poca. También algunas plántulas se han plantado fuera de los cercados protegidas por “plantas tutoras” presentes en el hábitat.



Figura 9. Producción de plántula de tejo en vivero por el CTCF en la Escuela Agraria del Solsonès. Fotos: Jordi Bas.

Fomento de las poblaciones de aves frugívoras

El objetivo principal de esta acción es favorecer la diseminación natural de semillas mediante la atracción de aves frugívoras. Además como objetivo complementario se plantea favorecer la diversidad florística del hábitat. La única parte no tóxica del tejo es el áril rojo y carnoso. La planta lo produce para dispersar sus semillas por medio a las aves frugívoras como los zorzales. GUIXÉ y colaboradores (2016) describen con detalle los dispersores de frutos de tejo estudiados en el ámbito de este proyecto. Esta acción contempla mejoras silvícolas para favorecer la producción de frutos carnosos frente a la escasa – a

veces nula- fructificación observada en los años previos al proyecto en algunas localidades (por ejemplo en Llaberia); el refuerzo mediante plantación de la población de plantas “cebo”, productoras de fruto distintas al tejo, y la instalación de pequeños abrevaderos que atraigan fauna dispersora alrededor de los escasos pies hembra de tejo.

Así, como se ha descrito en la primera acción, se han realizado cortas para favorecer la producción de frutos de especies “cebo” que atraigan fauna dispersora alrededor de pies hembra de tejo en un total de 456 pies en una superficie de unas 37,1 ha. Además, en colaboración con Forestal Catalana (Generalitat de Catalunya) se han producido 2260 plántulas de diferentes “especies cebo”, a partir de semilla recogida en la misma localidad. Estas plántulas se están plantando en zonas donde escasean con el fin de atraer, cuando produzcan fruto, aves que a su vez actuaran como dispersadores de frutos de los tejos. Las especies favorecidas y plantadas son *Amelanchier ovalis*, *Arbutus unedo*, *Crataegus mononyna*, *Ilex aquifolium*, *Phillyrea latifolia*, *Sorbus aria*, *Sorbus domestica* y *Sorbus torminalis*. La selección de plantas para cada localidad se realizó a partir de inventarios florísticos. Estas especies cebo contribuyen además a la diversificación del hábitat. Finalmente, se han mejorado pequeñas fuentes e instalado 12 pequeños abrevaderos de piedra caliza para incrementar la atracción de las aves dispersadoras de frutos de tejo, si bien a menudo se secan por falta de precipitación.

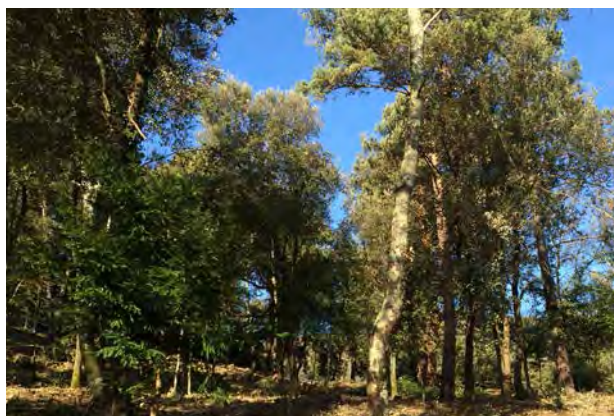


Figura 10. Instalación de cámara para fototrampeo de fauna dispersadora de frutos de tejo. Rodal adehesado para prevención de incendios topográficos en la periferia de una tejeda en Alta Garrotxa. Fotos: Jordi Bas y Jordi Camprodon.

Actuaciones silvícolas para la defensa contra incendios en las inmediaciones de las tejedas

La disminución de la rentabilidad forestal ha conllevado un aumento de la continuidad y masa forestal comportando un incremento de la severidad y extensión de los incendios. Los incendios forestales son una amenaza real y afecta a todas las tejedas del área mediterránea o submediterránea. Los planes de prevención de incendios definen grandes estructuras de defensa a escala de macizo pero no protegen específicamente pequeñas poblaciones de árboles como las tejedas de su interior. Para evitar la afección de estas zonas por un incendio, es necesario desarrollar estructuras forestales resistentes al paso del fuego, a la vez que dificulten la propagación de incendios de alta intensidad. El CTFC ha desarrollado en los últimos años técnicas forestales especialmente diseñadas a la prevención de grandes incendios y la reducción de la severidad de éstos sobre la masa forestal (COSTA *et al.*, 2011; PIQUÉ *et al.*, 2011). El objetivo de estos tratamientos silvícolas es reducir la carga de combustible mediante desbroces selectivos y reducción de la densidad de arbolado en el perímetro exterior de los tejedas o bien en lugares alejados, denominados puntos estratégicos de gestión (PEG). Los PEG son localizaciones clave que condicionan el movimiento y alcance final de un incendio y permite al sistema de extinción concentrar recursos en lugares que permitirán establecer maniobras de control seguras y eficaces de toda una vertiente arbolada del monte.

Durante el proyecto se han gestionado zonas perimetrales y PEG en 26 ha en Llaberia, 3,6 ha en Alta Garrotxa y 1,7 ha en la Serra de Cardó. Al ser tratamientos selectivos y aplicados en puntos estratégicos se consigue una alta eficiencia coste/beneficio.

Acciones de defensa contra la erosión

Las tejedas suelen crecer en condiciones de fuerte pendiente y suelos pedregosos y a menudo esqueléticos, con lo cual están muy expuestas a procesos erosivos. De este modo se ha procurado actuar con la máxima cautela en la ejecución de los trabajos de conservación. Por ejemplo, en el uso de maquinaria o en la precaución de no extraer árboles competidores cuyas raíces ejercían una importante retención de suelo en condiciones de riesgo. Por otra parte se han llevado a cabo acciones directas de control de la erosión. Es el caso de la tejeda de Cosp (Serra de Cardó) y en la Canal dels Arínjols (Montserrat), donde se ha acondicionado del sendero de acceso de la tejeda, sometido a fuertes procesos erosivos, y se han ubicado fajinas en zonas de fuerte pendiente y transporte de materiales que pudieran desestabilizar o dañar pies centenarios de tejo en el caso de Cosp o que dificultaban la implantación de regenerado en el caso de Montserrat.



Figura 11. Sendero de acceso a la tejeda de Cosp restaurado, transporte de material para protección de regenerado y plantación de plántulas de tejo (Serra de Cardó). Fotos: Jordi Bas.



Figura 12. Rodaje de un reportaje para TV3 del seguimiento de variables biológicas (izquierda) y plantación simbólica de tejo en el Monasterio de Poblet en ocasión de las IV Jornadas Internacionales del Tejo y las Tejedas (octubre de 2014). Fotos: Jordi Bas y Richard Martín.

Acciones de seguimiento

El seguimiento temporal de variables biológicas permitirá obtener datos cuantitativos para evaluar la eficacia a corto y medio plazo de las medidas de conservación aplicadas en cada acción. En consecuencia, se han establecido estaciones de seguimiento, en base a un tejo o árbol frutal actuado y en árboles control. Por ejemplo en la Sierra de Llaberia se han establecido 155 estaciones de seguimiento. También se efectúa un seguimiento del crecimiento y estado vital de los árboles con tratamientos fitosanitarios, de la vegetación en los cercados de exclusión de herbívoros y de los plantones. Igualmente se ha analizado la fauna dispersadora, en especial la comunidad de aves mediante estaciones de escucha y trapeo fotográfico. Por otra parte, se ha elaborado un plan de seguimiento del impacto socio-económico del proyecto. A largo plazo (post-Life) los socios o colaboradores locales del proyecto van a proseguir con el seguimiento periódico de las variables ecológicas y del cumplimiento de los acuerdos de custodia, con el fin de evaluar el estado de conservación de las tejedas y su impacto social.

CONCLUSIÓN

A modo de conclusión se han inventariado y cartografiado 284 ha de tejedas en un total de 11 ZEC. Del conjunto de localidades se ha actuado en aquellas que presentaban evidentes impactos que ponían en riesgo su continuidad o empeoraban su estado de conservación. En total se ha actuado sobre 193 ha distribuidas en 6 ZEC, que constituyen los principales bosques de tejo del país. En el resto de localidades el principal problema detectado era el aislamiento genético y escasa superficie ocupada, con lo cual no se podían realizar actuaciones de una manera inmediata. Se considera que se ha contribuido a la conservación a largo plazo del hábitat 9580* bosques mediterráneos de *Taxus baccata*, lo que representa la mayor parte de este hábitat y las mejores muestras y las más amenazadas de Cataluña y se ha mejorado el conocimiento de su distribución con el objetivo de actualizar los mapas de hábitat en Cataluña. Las acciones de conservación han sido planificadas y ejecutadas para conseguir la sostenibilidad del sistema con el máximo de ahorro en los costes y minimizando impactos no deseados sobre el medio ambiente. Destacar que el proyecto TAXUS ha actuado sobre tejedas situadas en zonas rurales y, por tanto, además de la conservación de este hábitat, el proyecto ha contribuido a la revitalización de la economía local basada en el sector forestal y a divulgar los

valores naturales y culturales de este hábitat y del conjunto de la ZEC entre en conjunto de la población local.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto Life TAXUS está financiado por los fondos Life Natura (LIFE 11 NAT / ES / 711) de la Unión Europea. Los beneficiarios del proyecto son el Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, como socio coordinador, el Paratge Natural d'Interès Nacional de Poblet, el Consorci de la Serra de Llaberia y el Ajuntament de Rasquera. El proyecto ha contado con el apoyo técnico del Consorci de l'Alta Garrotxa, Consorci de Polítiques Ambientals de les Terres de l'Ebre, la Direcció General de Medi Natural del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural y la Direcció General de Polítiques Ambientals del Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya, la Xarxa de Custòdia del Territori y la Diputació de Tarragona. Nuestro agradecimiento a las personas que han participado en el diseño, inventario, redacción, coordinación o supervisión del proyecto: Marc Arimany, Ricard Baques, Jordi Bas, Denis Boglio, Roman Borràs, Gerard Bota, David Bové, Sílvia Busquet, Jordi Calaf, Marc Carrera, Jordi Capdevila, Imma Clop, Albert Duch, Anna Farràs, Climent Ferré, Meritxell Fontova, Montse García, Sílvia García López, Fermí Garriga, David Giralt, Antònia Grífol, Eloi Josa, Toni Llobet, Judit Marcó, Antoni Margalef, Santi Martín, Àngela Muntada, Sonia Navarro, Joan Pellisa, Assu Planas, Núria Pou, Dunia Riu, Montse Rodríguez, Jesús Romero, Francesc Sardà, Montserrat Sancho, Ramon Santasusana, Marina Talló, Marc Taull, Audrey Thénard, Anton Vallvey, Montserrat Vidilla, Eva Viladrich, Patrick Viñas, la Escola Agrària del Solsonès y la Escola de Capacitació Agrària de Mas Bové. Este proyecto no hubiera sido posible sin los trabajadores y técnicos forestales, a los cuakles queremos expresar nuestra gratitud, Andreu Campdepedrós y Llorenç Torruella, David Soler, Albert Bau, Sergi Castillo y los miembros de la sección de jardinería de la Fundació La Fageda, Miquel Segarra y Forestal Catalana, la empresa de inserción socio laboral del Consorci de la Serra de Llaberia, la Empresa d'Aprofitaments Forestals Colldejou, Monroyo Industrial, la brigada del Ayuntamiento de Rasquera y Joaquim García. Nuestro agradecimiento a los propietarios de las tejedas que se han comprometido en su conservación y a las personas que nos han asesorado en un momento para resolver cuestiones concretas del proyecto: Carme Casas, Carlos Colinas, Lluís Coll, Hernán Collado, Juan Martínez de Aragón, Montse Massó, Miriam Piqué, Miquel Riba, Mariano Rojo, Miriam Sangermán y Josep Vila.

REFERENCIAS

ÀGUILA, V., CARITAT, A., RÍOS, A., CASALS, P. & GUIXE, D. (2016). Cambios futuros esperados en la distribución de las tejedas de Catalunya, según diversos escenarios de cambio climático. IV Jornades Internacionals del Teix i les Teixedes. Monestir de Poblet. 23-25/10/2014. Ed. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya.

AMALESH, D., HERWIG, R., RAPHAEL, K. & HARALD, V. (2007) Comparison of ecological condition and conservation status of English yew population in two Austrian gene conservation forests. *Journal of Forestry Research* 18: 181-186.

CAMPRODON, J., MARTÍN, S., GUIXÉ, D., & COLL L. (2010). Estudio de las poblaciones de tejo en la sierra de Llaberia. Directrices para la conservación, gestión y análisis de su evolución. Consorci de la Llaberia. Fundación Biodiversidad. 75 pág. Inédito.

CARITAT, A., RÍOS, A., GUIXÉ, D., CAMPRODON, J., CASALS, P., CASAS, C. & ÀGUILA, V. (2016). Distribution and characterization of yew forest in Catalonia. IV Jornades Internacionals del Teix i les Teixedes. Monestir de Poblet. 23-25/10/2014. Ed. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya.

CARITAT, A. & BAS, J.M. (2007). Estado actual y regeneración de *Taxus baccata* en Catalunya. En Serra L (ed.) El tejo en el Mediterráneo occidental. Jornadas Internacionales sobre el Tejo y las Tejedas en el Mediterráneo occidental. Generalitat Valenciana, Alcoi: 71-75.

CASALS, P., CAMPRODON, J., CARITAT, A., RÍOS, A.I., GUIXÉ, D., GARCÍA-MARTÍ, X., MARTÍN-ALCÓN, S. & COLL, L. (2015). Forest structure of Mediterranean yew (*Taxus baccata* L.) populations and neighbor effects on juvenile yew performance in the NE Iberian Peninsula. *Forest Systems* 24 (3): e042, 10 pages.

CORTES, S., VASCO, F. & BLANCO, E. (2000). El libro del tejo (*Taxus baccata* L.): un proyecto para su conservación Arba, Madrid.

FARRIS, E. & FILIGHEDDU, R. (2008). Effects of browsing in relation to vegetation cover on common yew (*Taxus baccata* L.) recruitment in Mediterranean environments. *Plant Ecol.* 199: 309–318.

GARCÍA D. (2006). Conservación y gestión del tejo (*Taxus baccata* L.) en ambientes estresantes: la importancia de las interacciones interespecíficas, en: CTiH (Ed.), Jornadas Internacionales sobre el Tejo y las Tejedas en el Mediterráneo Occidental, Generalitat Valenciana, Alcoy (España). pp. 31 - 40.

COSTA, P., CASTELLNOU, M., LARRAÑAGA, A., MIRALLES, M. & KRAUS, D. (2011). La prevención de los grandes incendios forestales adaptada al incendio tipo. Unitat Tècnica del GRAF, Departament d'Interior, Generalitat de Catalunya, Barcelona. 87 pp.

GARCIA, D. & OBESO, J. R. (2003). Facilitation by herbivore-mediated nurse plants in a threatened tree, *Taxus baccata*: local effects and landscape level consistency. *Ecography* 26: 739-750.

GARCÍA-MARTÍ, X. (2007). Producción de material forestal de *Taxus baccata* L. destinado a planes de conservación. En: Serra, L. (ed.). El tejo en el Mediterráneo Occidental. Ministerio de Medio Ambiente. Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge. CAM. pp 141-152.

GARCÍA-MARTÍ, X., FERRER-GALLEGÓ, P., FERRANDO, I., OLTRA, J. & LAGUNA, E. (2016). Conservación directa del hábitat prioritario 9580 (bosques de *Taxus baccata*) en la red Natura 2000 de la Comunidad Valenciana. IV Jornades Internacionals del Teix i les Teixedes. Monestir de Poblet. 23-25/10/2014. Ed. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya.

GUIXÉ, D., RÍOS, A. & CAMPRODÓN, J. (2016). Richness and abundance of predators and dispersers of seeds of yew in Catalonia. IV Jornades Internacionals del Teix i les Teixedes. Monestir de Poblet. 23-25/10/2014. Ed. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya.

HULME, P. E. (1996). Natural regeneration of yew (*Taxus baccata* L.): Microsite, seed or herbivore limitation? *Journal of Ecology* 84: 853-861.

ISZKULO, G. & BORATYNSKI A. (2004). Interaction between canopy tree species and European yew *Taxus baccata* (Taxaceae). *Polish Journal of Ecology* 52: 523-531.

PIOVESAN, G., PRESUTTI SABA, E., BIONDI, F., ALESSANDRINI, A., FILIPPO, A. & SCHIRONE, B. (2009). Population ecology of yew (*Taxus baccata* L.) in the Central Apennines: spatial patterns and their relevance for conservation strategies. *Plant Ecology* 205: 23-46.

PIQUÉ, M., CASTELLNOU, M., VALOR, T., PAGÉS, J., LARRAÑAGA, A., MIRALLES & M., CERVERA, T. (2011). Integració del risc de grans incendis forestals (GIF) en la gestió forestal: Incendis tipus i vulnerabilitat de les estructures forestals al foc de capçades. Sèrie: Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST). Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya, Barcelona. 122 pp.

REVERTÉ, J. & BAQUES, R. (2016). Acuerdos

de custodia para la conservación de las tejedas en la Sierra de Llaberia. IV Jornades Internacionals del Teix i les Teixedes. Monestir de Poblet. 23-25/10/2014. Ed. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya.

RÍOS, A.I., GARCÍA-MARTÍ, X., GUIXÉ, D., CASALS, P., CARITAT, A., & CAMPRODÓN, J. (2016). Producción de plántulas de *Taxus baccata* para refuerzo poblacional en las principales tejedas de Catalunya. IV Jornades Internacionals del Teix i les Teixedes. Monestir de Poblet. 23-25/10/2014. Ed. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya.

RÍOS, A.I., GUIXÉ, D., CAMPRODÓN, J., CARITAT, A. & CASALS, P. (2016). Water stress ($\delta^{13}C$) in *Taxus* trees depends on canopy cover and basal area of the neighbouring trees. IV Jornades Internacionals del Teix i les Teixedes. Monestir de Poblet. 23-25/10/2014. Ed. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya.

SVENNING J.C., MAGARD E. (1999). Population ecology and conservation status of the last natural population of English yew *Taxus baccata* in Denmark. *Biological Conservation* 88 (2): 173-182.

THOMAS, P. A. & POLWART, A. (2003). *Taxus baccata* L. *Journal of Ecology* 91: 489-524.

VIVES, A. (2006). Distribución y estudio poblacional del tejo (*Taxus baccata* L.) al Paratge Natural d'Interès Nacional de Poblet y las Reserves Naturals Parcial del Titllar y la Trinitat. Proyecto Final de Técnico. Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad de Lleida, Lleida.

Proyecto LIFE TAXUS “Conservación de las tejedas catalanas”: Acuerdos de custodia para la conservación de las tejedas en la Sierra de Llaberia

JARKOV REVERTÉ MENDOZA, RICARD BAQUES ALMIRALL

Consorci de la Serra de Llaberia, C/Major nº 19. 43746 LA SERRA D'ALMOS, TARRAGONA

consorci@serrallaberia.org

RESUMEN

Se presenta una acción del proyecto LIFE TAXUS “Conservación de las tejedas catalanas” relacionada con la custodia del territorio para la conservación de hábitats y fomento de la gestión forestal. La mayor parte de las tejedas catalanas se hallan en terrenos particulares. En el siguiente artículo se describe todo el proceso desde la localización de las tejedas sobre un mapa catastral hasta la firma de los diferentes modelos de acuerdos de custodia. Estos acuerdos tienen tres niveles de seguridad jurídica según la importancia que tenga la parcela forestal para la conservación del hábitat. Uno de los modelos también incluye el arrendamiento para que la entidad de custodia pueda gestionar directamente la finca durante 25 años.

PALABRAS CLAVE

Taxus baccata, land stewardship, custodian, conservation, forest ownership, leasing, sustainable forest management, forest planning

INTRODUCCIÓN

La Unión Europea ha incluido dentro del programa LIFE, dedicado a la financiación de proyectos medioambientales, la conservación de las tejedas catalanas. El proyecto está liderado por el Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC), y se desarrolla mayoritariamente en cuatro LICs de Cataluña (Tivissa – Vandellòs - Llaberia, Serra de Cardó – el Boix, Muntanyes de Prades y Alta Garrotxa – Massís de les Salines). El LIFE TAXUS se inició en 2012 y tiene como socios al Consorci de la Serra de Llaberia, al ayuntamiento de Rasquera y al Paratge Natural d'Interès Nacional de Poblet (PNIN). Además son colaboradores la Diputació de Tarragona, el Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural (DAAM) y la Xarxa de Custòdia del Territori (XCT).

El proyecto finalizará el año 2016 y está dotado con un presupuesto de 1,2 millones de euros, de los cuales un 75% están subvencionados por el programa LIFE y el resto lo aportan los cuatro socios. Para la conservación de las tejedas, se llevan a cabo un total de 38 acciones

distintas que se agrupan en acciones preparatorias (A), arrendamiento de terrenos (B), acciones de conservación (C), monitoreo (D), educación ambiental y sensibilización (E) y seguimiento del proyecto (F).

Con la acción preparatoria A1, se completa la localización de las tejedas en los LICs mencionados y en otras zonas de Cataluña. Una vez conocida la localización de las tejedas se desarrollan los planes de acción en cada una de las 4 zonas principales (A2). En este plan de acción se incluye la cartografía de las actuaciones de conservación (C). Con esta información se puede localizar las fincas catastrales de las parcelas y se inicia la acción A3 mediante la cual se pretende firmar acuerdos de custodia con los propietarios de los terrenos con el objetivo de conservar las tejedas en los próximos 25 años.

La custodia del territorio incluye una amplia variedad de herramientas para conservar los valores naturales, culturales y paisajísticos de diferentes zonas tanto si tienen como si no tienen protección legal. Su principal objetivo es mantener las actividades más beneficiosas para la conservación de la naturaleza. Con los instrumentos de custodia se pretende motivar e responsabilizar a las personas propietarias de tierras para que las gestionen de manera compatible con los valores indicados, o que permitan a las propias entidades de custodia gestionarlas en beneficio del patrimonio natural. La custodia del territorio se basa en una visión holística del paisaje que considera conjuntamente las necesidades de conservación y el contexto humano y económico de cada sitio. Por lo tanto, un enfoque que procura compatibilizar los objetivos de conservación de la biodiversidad, el desarrollo rural y las conexiones individuales y colectivas con la tierra (SABATE & AL., 2013). Para los propietarios, la custodia es una manera de obtener apoyo para conservar los valores y recursos de su finca, que puede ser compatible con la actividad económica rentable. Las entidades de custodia del territorio son las organizaciones que trabajan en estrecha colaboración con el propietario para conseguir y mantener los acuerdos de custodia (COLLADO & AL., 2005). Las entidades de custodia pueden ser privadas o públicas. Hay otros agentes implicados en la custodia del territorio: los agentes facilitadores que tienen la función de crear o facilitar las condiciones para que entidades de custodia y propietarios colaboren de manera eficaz; el público en general que recibe los beneficios directos



Figura 1. Agentes implicados en la custodia del territorio. (Fuente: SABATE & AL 2013)

o indirectos de la custodia del territorio y, por último, las organizaciones paraguas que representan diferentes colectivos y agentes como es el caso de la Xarxa de Custòdia del Territori (SABATE & AL., 2013).

Gracias al proyecto LANDLIFE se pueden descargar de internet la guía para la custodia del territorio. El enlace es el siguiente: <http://www.landstewardship.eu/ca/landstewardship/download-archive/category/test>

El espacio de interés natural (EIN) de la sierra de Llaberia se sitúa entre las comarcas del Priorat, el Baix Camp y la Ribera d'Ebre. Tiene una extensión de 10.350 ha y forma parte del espacio de la Red Natura 2000 Tivissa – Vandellós – Llaberia (LIC + ZEPA) que tiene una extensión de 24.532 hectáreas. El Consorci de la Serra de Llaberia es una entidad local supramunicipal creada en 2004 para apoyar a los ayuntamientos y el DAAM en la gestión de este espacio natural. Los miembros del Consorci son el DAAM y los ayuntamientos de Tivissa, Capçanes, Marçà, la Torre de Fontaubella, Coldejou y Pratdip.

Para poder realizar consultas sobre la propiedad de los terrenos forestales, el Consorci de la Serra de Llaberia se ha dado de alta en el servicio de consultas y certificaciones en la Sede Electrónica del Catastro. Por otra parte, el Consorci es miembro de la Xarxa Custodia del Territori. Esta entidad ha ayudado a confeccionar los diferentes modelos de acuerdos de custodia y es un referente a nivel de Cataluña.

MÉTODOS

Contenido básico y tipos de acuerdos de custodia (SABATE & AL., 2013)

La custodia del territorio se basa en una amplia variedad de instrumentos y actividades, aunque el más representativo son los denominados acuerdos de custodia, pactos voluntarios para la conservación de la naturaleza y el paisaje.

Estos acuerdos suelen implicar a una persona propietaria de terrenos y a una entidad de custodia, aunque también hay casos con más de una entidad implicada o más de un propietario. Los compromisos de los acuerdos son variables y negociables, pero siempre se adaptan a las características de la finca y a los objetivos específicos de cada parte. Por lo tanto, no hay dos acuerdos iguales, si bien hay algunas características similares. Los acuerdos de custodia se suelen plasmar por escrito (en un contrato o convenio), aunque también pueden ser verbales, en base a un sencillo y sincero apretón de manos. Los contenidos varían según el acuerdo y pueden abarcar toda la propiedad o solo una parte.

Los contenidos básicos de un acuerdo de custodia son los siguientes:

- Presentación de las partes implicadas.
- Ámbito de aplicación del acuerdo: toda la propiedad o propiedades o solo una parte.
- Descripción de los valores y elementos de interés que justifican el acuerdo.
- Objetivos generales y específicos del acuerdo.
- Compromisos (o acciones) de la entidad de custodia y de la propiedad.
- Recomendaciones de gestión.
- Acceso a la propiedad.
- Acciones de comunicación y señalización.
- Gastos derivados del acuerdo y quien los asume.
- Duración del acuerdo, con la previsión habitual de que se renovará tácitamente si ninguna parte indica lo contrario.
- Seguimiento del acuerdo por parte de la entidad de custodia.
- Otros aspectos: medidas previstas en caso de transmisión de la gestión o de la propiedad, métodos para resolver conflictos o incumplimientos y cualquier otro requerimiento formal o de contenido legal en el que se enmarque el acuerdo (arrendamiento, donación, compraventa, etc.).

Hay tres tipos principales de acuerdos: los de apoyo

Costes para la entidad de custodia crecientes, implicación de la propiedad decreciente



Figura 2. Opciones e instrumentos para la custodia del territorio (SABATE & AL., 2013).

a la gestión, los de transmisión de la gestión y los de transmisión de la propiedad (ver figura 2). Su duración también es variable según la opción de acuerdo escogida, aunque son recomendables periodos largos de tiempo, de más de 10 años e incluso a perpetuidad si es posible. Ya que lograr un acuerdo puede comportar un proceso largo de diálogo y negociación entre las partes, vale la pena que los compromisos se mantengan durante mucho tiempo

ACUERDOS DE APOYO A LA GESTIÓN

Muchas personas mantienen la dedicación y cuidado de las fincas que tienen en propiedad, a menudo generación tras generación. Esta situación suele ser habitual cuando quien posee la finca se dedica a la agricultura, silvicultura, o vive en la finca o cerca de ella. Estas personas saben cómo gestionar adecuadamente su finca, pero pueden valorar los consejos y la información facilitada por las entidades de custodia sobre algún elemento natural de la propiedad, sobre todo si estas recomendaciones comportan mejoras evidentes de la propiedad o una oportunidad para obtener ingresos.

Por su parte, hay entidades que, pese a su buen conocimiento del medio, no disponen de suficientes recursos humanos y económicos para asumir la gestión de una propiedad, por lo que este tipo de apoyo (asesoramiento técnico) es lo mejor que pueden ofrecer a la propiedad.

En este tipo de acuerdos, la persona que posee la finca mantiene la gestión de la misma, pero asume compromisos para garantizar la conservación de sus valores naturales y paisajísticos. Además, en el acuerdo se suelen indicar varias medidas para llevar a cabo en la finca. La entidad velará para que se ejecuten las acciones, y asesorará a la

propiedad si surge alguna dificultad.

Esta tipología de acuerdos se suelen materializar en un documento escrito, y a veces incluyen un plan de gestión de la finca elaborado por la entidad de custodia de acuerdo con la propiedad.

ACUERDOS CON TRANSMISIÓN DE LA GESTIÓN

Hay otro tipo de personas que prefieren que sea otra persona u organización quien se ocupe de su finca (manteniendo, eso sí, los derechos de propiedad), y también hay entidades interesadas en desarrollar una gestión especializada en terrenos de elevado valor natural. Estas personas pueden valorar positivamente que una entidad de custodia asuma la gestión de su finca para que la mantenga en buen estado de conservación, o incluso lo mejor. Antes de aceptar este tipo de acuerdos, la entidad deberá valorar si tiene la capacidad técnica y humana suficiente (así como los recursos económicos derivados) que comporta asumir la gestión de una finca.

Como en el anterior tipo de acuerdos, entidad y propiedad suelen acordar las acciones a implementar, pero en este caso la misma entidad será quien las llevará a cabo. La entidad puede redactar un plan de gestión, en colaboración con la entidad, para establecer las acciones prioritarias.

Para este tipo de acuerdos, además de la transmisión de ciertos derechos de uso, también existen otras opciones para que la entidad asuma toda la gestión, como el arrendamiento, la cesión de uso o incluso un acuerdo verbal.

ACUERDOS CON TRANSMISIÓN DE LA PROPIEDAD

En este tercer tipo de acuerdos, la propiedad cambia de manos. El titular transmite su finca (o una parte de ella) a la entidad de custodia con el compromiso que ésta desarrolle una gestión responsable. Por supuesto, una vez adquiere la propiedad, la entidad es libre de implementar la estrategia de conservación que considere más adecuada, sin necesidad de negociar con el antiguo titular de la finca. Aunque transmitir una finca con propósito de conservación es un acto de una enorme responsabilidad, el compromiso del propietario con la tierra acaba con la transmisión, a diferencia del resto de acuerdos.

Las opciones legales más habituales para este tipo de acuerdos son la compraventa, el legado, la donación y la permuta (esta última usada sobre todo en urbanismo). Así pues, la transmisión de la propiedad no significa siempre que la entidad tenga que comprar la finca. En países en las que las donaciones de tierras cuentan con incentivos fiscales o gozan de reconocimiento social, pueden llegar a ser habituales. En algunos países la donación de terrenos se puede emplear para saldar impuestos pendientes, lo que genera un banco público de propiedades que luego pueden ser transferidas a entidades de custodia. Y además de las donaciones, las entidades también pueden recibir fincas como un legado por parte de algún particular.

Las entidades de custodia deben tener muy en cuenta la responsabilidad y los costes que comporta adquirir y mantener una propiedad. Cuanto más consolidada esté la entidad, más oportunidades tendrá de recibir (y capacidad para aceptar) propuestas de donaciones, así como de comprar fincas si lo considera necesario.

ACUERDOS DE CUSTODIA EN EL MARCO DEL PROYECTO TAXUS

En el marco del proyecto TAXUS en el EIN de la Sierra de Llaberia se pretendía realizar un modelo de acuerdo de custodia con arrendamiento para gestionar 15 hectáreas de tejedas. El objetivo inicial propuesto era la firma de una docena de acuerdos de custodia con arrendamiento.

En la primera fase del proyecto se completa la cartografía de las tejedas y se propone el plan de acción que contiene la cartografía de las zonas de actuación. Esta capa vectorial se superpone con la capa vectorial de las parcelas catastrales para comprobar quien es el propietario de la finca.

En el LIC Tivissa – Vandellós – Llaberia la superficie con presencia de tejo es de 200 hectáreas y las tejedas ocupan 21 hectáreas, aproximadamente. Para localizar al propietario, además se deben añadir las zonas en las que se realizan actuaciones de prevención de incendios forestales. En este ámbito de trabajo se obtienen los siguientes resultados, la zona de actuación de TAXUS implica 82 propietarios forestales de los cuales solo 2 son públicos.

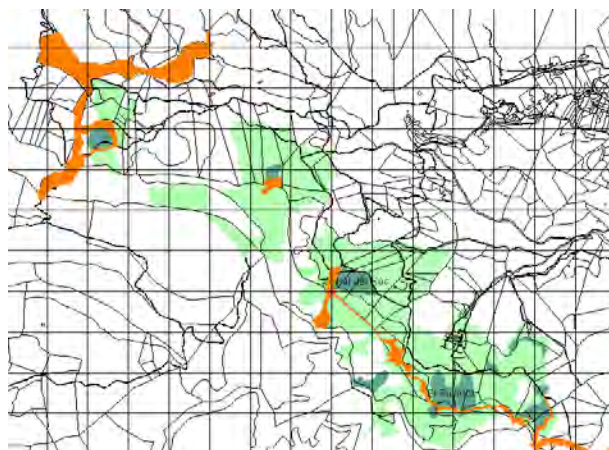


Figura 3. Mapa catastral con la superposición de las acciones del proyecto LIFE TAXUS en el municipio de Colldejou (EIN Serra de Llaberia). Planteamiento inicial. Con verde se marcan las tejedas y las zonas con presencia de tejo en las que se aplican las acciones C1, C2, C3, C6, C7 y C11, con naranja se marcan las acciones de prevención de incendios (C8). Elaboración propia.

Este paso de 12 a 80 propietarios provoca la necesidad de replantear la acción de custodia del territorio.

Antes de plantear el cambio se contacta con los 12 propietarios de las tejedas (marcadas con verde oscuro en la Figura 3) para iniciar los trámites para la firma de un acuerdo de custodia que incluye el arrendamiento (Acción B1). Para hacer efectivo el arrendamiento, con el apoyo de la XCT, se ha elaborado el acuerdo custodia con transmisión de la gestión. Este acuerdo se denomina “Constitución de un derecho real para la custodia de las tejedas en la sierra de Llaberia”

La principal característica de este tipo de acuerdo es la transmisión de la gestión, es decir la entidad de custodia gestiona la finca sin ser propietaria. Para ello se propone al propietario el arrendamiento de una determinada superficie (parcela entera, parte de una parcela o partes de varias parcelas) i se ha fijado un importe de 64,28 €/ha/año. Este importe se ha calculado teniendo en cuenta el valor catastral de la parcela, el valor de los productos forestales y que sea un gasto proporcionado a nivel del proyecto TAXUS (la acción B1 representa un 12% del gasto del proyecto en esta zona). La duración del acuerdo es de 25 años. Por ejemplo un propietario que tenga una hectárea de tejeda recibirá un canon de 1.607 euros. Este importe se abona después de la firma del acuerdo. El propietario tiene la obligación de declararlo en la declaración de la renta y el Consorci debe pagar el impuesto de transmisiones patrimoniales cifrado en un 10% del canon. El Consorci también asume los gastos de la inscripción del acuerdo en el registro de la propiedad a través de una escritura pública.

Con el modelo elaborado y el importe del arrendamiento definido, empieza la fase de negociación de los acuerdos. Se contacta con los doce propietarios de parcelas forestales, de los cuales once no realizan una

gestión activa de la finca. El resultado de las negociaciones es que cinco propietarios aceptan el acuerdo. De los siete restantes, cinco no aceptan el acuerdo por motivos económicos, uno no acepta por desacuerdo con el proyecto TAXUS y gestiona su finca sin criterios de sostenibilidad (apostando por la ganadería extensiva incontrolada) y otro está incapacitado para firmar y su representante legal se niega a firmar.

Puesto que TAXUS afecta a 82 propietarios (muchos más que los previstos inicialmente) y que la acción B1 (arrendamientos) no se ha podido desarrollar como estaba previsto, se procede a replantear la acción A3 de acuerdos de custodia. Se determinan como nuevos objetivos:

- Ofrecer un modelo alternativo a los propietarios que han rechazado el acuerdo de constitución de un derecho real para la custodia de las tejedas en la sierra de Llaberia.
- Llegar a un número importante de propietarios.
- Disponer de varios modelos de acuerdos de custodia para facilitar la negociación.
- Incluir las zonas con presencia de tejo y las acciones de prevención de incendios en los acuerdos.
- Fomentar la ordenación forestal y gestión forestal sostenible compatible con la conservación de la biodiversidad.

Para cumplir con estos objetivos se crea el modelo de acuerdo de custodia de apoyo a la gestión denominado “Acuerdo de custodia para realizar actuaciones de conservación y mejora de las tejedas de la Sierra de Llaberia y el fomento de la gestión forestal sostenible”. En este modelo no hay transmisión de la gestión ni tampoco arrendamiento. Tiene un nivel de seguridad jurídica menor al anterior. En este caso, a diferencia del acuerdo de constitución de derecho real, si el propietario vende o transmite la finca se anula el acuerdo de custodia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después del proceso de negociación se ha conseguido que 26 propietarios forestales acepten el apoyo a la gestión. Para lograr el objetivo de conservación de las tejedas uno de los compromisos por parte del Consorcio ha sido la redacción de un Plan Técnico de Gestión y Mejora Forestal Conjunto (PTGMFc) con una duración de 25 años para coincidir con la duración del anterior modelo de acuerdo. El PTGMFc es un instrumento de ordenación forestal reconocido por la legislación forestal catalana y la Generalitat de Catalunya dispone de subvenciones para el fomento de la gestión forestal. Con la elaboración del plan técnico se incluyen las acciones del proyecto TAXUS y además de fomenta la gestión forestal sostenible en el resto de los terrenos forestales de los mismos propietarios. El coste de la redacción del PTGMFc lo asume el Consorci y así consta como uno de los compromisos del acuerdo.

El hecho de tener que localizar a 80 propietarios forestales nos ha permitido reflejar una realidad que a su vez ha dificultado el proceso. Puesto que las tejedas se hallan en las zonas más remotas son las primeras que se abandonaron en el éxodo rural de la segunda mitad del siglo XX. En la actualidad, muchas parcelas tienen como titular una persona muerta o sus herederos. Con el apoyo de los ayuntamientos se ha podido localizar a la mayor parte de los herederos y actuales propietarios de las fincas. En un número reducido de parcelas no se ha localizado al propietario y por tanto no se han podido desarrollar las acciones del proyecto TAXUS. Este hecho no representa ningún problema ya que se trataba de pequeñas propiedades en zonas con presencia de tejo (y no en tejedas). El problema aparece cuando alguno de los propietarios actuales (herederos) no disponen de escrituras registradas. En estos casos se ha decidido que el testamento, en caso que identifique claramente al propietario actual, es suficiente para poder firmar el acuerdo de custodia para el apoyo a la gestión. Para evitar cualquier conflicto el Consorci ha comprobado en el Registro de la Propiedad que no exista otro titular en dicha finca.

Finalmente la colaboración con los propietarios se realiza con tres tipos de acuerdos (ver Figura 2). El primer tipo de acuerdo consiste en una transmisión de la gestión. En este caso han sido 5 propietarios los que han aceptado el acuerdo. El segundo consiste en un acuerdo de apoyo a la gestión. En este caso han sido 26 los propietarios que han aceptado el modelo. Para el resto de propietarios, que en la mayor parte de los casos se trata de parcelas muy pequeñas o con poca importancia para la conservación del tejo, se utilizan otras herramientas que se basan en un documento de autorización. El único instrumento que no se ha desarrollado es la transmisión de la propiedad.



Figura 4. Resultado del proceso de negociación de los acuerdos de custodia para la realización del proyecto TAXUS. Número y tipo de acuerdo de colaboración. Elaboración propia.

A modo de resumen se elabora la Tabla 1 con las principales características de los tipos de acuerdo.

Tipo de acuerdo	Constitución derecho real	Apoyo a la gestión	Otras herramientas
Acuerdo de custodia	Sí	Sí	No
Seguridad jurídica	Máxima	Elevada	Menor
Acreditación propiedad	Escritura registrada al registro de la propiedad	Escritura, Testamento	Escritura, Testamento, Datos catastrales
Ámbito de aplicación	Tejedas (partes de finca)	Parcelas enteras	Parcelas enteras
Objetivos	Conservación de las tejedas	Conservación tejedas y fomento gestión forestal	Conservación tejedas y fomento gestión forestal
Compromisos de la propiedad.	Permitir acceso y cesión del uso	Permitir acceso y autorización de trabajos	Autorización de los trabajos
Compromisos del consorcio	Realizar acciones del proyecto TAXUS	Realizar TAXUS y redactar un PTGMFc	Realizar TAXUS y en algunos casos PTGMFc
Duración acuerdo	25 años	25 años	No definida
Otros aspectos	Consorti para arrendamiento, tributos e inscripción en el registro	Se opta por no realizar la inscripción del acuerdo en el registro de la propiedad	Adecuado para pequeñas parcelas o poco relevantes

Tabla 1. Principales características de los diferentes tipos de acuerdo de colaboración.

Al analizar esta tabla se observa que el acuerdo de constitución de derecho real tiene la máxima seguridad jurídica pero no incide en el fomento de la gestión forestal. Por este motivo se decide incluir en los PTGMFc las parcelas forestales de los 5 propietarios.

BIBLIOGRAFÍA

SABATÉ,X., BASORA, X., O'NEIL,C. & MITCHELL, B. (2013). Conservar la natura entre tots. La custòdia del territori, una eina per implicar la societat en la gestió del patrimoni natural a Europa. Documents LandLife. 1a edició 2013.

COLLADO, H., ASENSIO, N., CORTINA, A. & PIETX,J. (2005). Opcions per a la custodia del territori en finques privades. Guia pràctica per a la propietat. Xarxa Custòdia del Territori, Fundació Territori i Paisatge i Fundació Natura. 2a edició. 2005.

Proyecto “Recuperación de la Tejeda del Barranco del Hocino (Riba de Saelices, Guadalajara)”

DIANA COLOMINA, LOURDES HERNÁNDEZ & MARÍA MELERO¹

WWF España, C/ Gran Vía de San Francisco, nº 8 D – 28005 MADRID

¹mmelero@wwf.es

RESUMEN

Se presenta el proyecto de recuperación de la Tejeda del Hocino, en el municipio de Riba de Saelices, afectada por el devastador incendio del Rodenal de Guadalajara del año 2005. Se describen las acciones de restauración ejecutadas para la recuperación de este hábitat, así como los resultados del seguimiento realizado.

PALABRAS CLAVE

Tejeda, incendio, restauración, seguimiento

ABSTRACT

We present a yew forest's recovery project carried out in the Hocino's Gorge, in the village of Riba de Saelices, affected by the devastating fire in Guadalajara in 2005. We describe the restoration actions to recover this habitat and the results of the monitoring.

KEY WORDS

Yew forest, fire, restoration, monitoring

INTRODUCCIÓN

En 2006 WWF España iniciaba un proyecto de restauración forestal en el Barranco del Arroyo del Hocino, en el término municipal de Riba de Saelices (Guadalajara). En este proyecto han colaborado el Ayuntamiento de Riba de Saelices, el Parque Natural del Alto Tajo y la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha y ha contado con el apoyo económico de la Fundación Banco Santander.

Las paredes de la ladera de umbría del barranco y los suelos frescos más próximos al cauce del arroyo albergaban un centenario bosque de tejos (*Taxus baccata*). El devastador incendio que sufrió el Rodenal de Guadalajara en 2005, que arrasó una superficie de 13.000 hectáreas, afectó a esta hoz excavada sobre las calizas, calcinando los pies de todas las especies existentes antes del incendio, salvándose únicamente un tejo del impacto de las llamas.



Foto 1. Barranco del Hocino tras el incendio de 2005

El elevado valor del barranco y por ende, la importancia de su conservación, queda plasmado en las figuras de protección con que cuenta: Hábitat prioritario de la Directiva Hábitat, 92/43/CEE y Hábitat de Protección Especial en el Parque Natural del Alto Tajo. Asimismo, el tejo está considerada como “especie de flora de interés especial” según el Decreto 145/1990 y catalogada como “vulnerable” en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Castilla-La Mancha.

Los objetivos del proyecto son:

- Contribuir a la recuperación de la tejeda y sus valores ecológicos asociados
- Contribuir a la conservación del paisaje y de la biodiversidad de la zona de actuación
- Vincular a voluntarios con su entorno natural, a través de la sensibilización ante los efectos de los incendios sobre los bosques
- Contribuir a mejorar el conocimiento técnico y científico sobre la restauración de ecosistemas singulares incendiados, que pueda ser extrapolable a futuras zonas incendiadas

RESULTADOS

Las principales acciones desarrolladas en el marco del proyecto durante el periodo 2006-2013 son las siguientes:

1. DIAGNÓSTICO DEL ECOSISTEMA AFECTADO

El primer paso de un proceso de restauración post-incendio es la realización de un diagnóstico, en las semanas posteriores al incendio, que analice el ecosistema afectado e identifique los riesgos ecológicos y las áreas vulnerables.

Por un lado se evaluó el grado de afección de los tejos (quemado, soflamado o no afectado). El fuego calcinó la totalidad del bosque de tejos, estimado en 120 ejemplares, salvándose únicamente un tejo del impacto de las llamas. Las expectativas de regeneración para la especie no eran favorables ya que la elevada intensidad de las llamas parecía haber mermado su capacidad de rebrote. En el 99% de los tejos identificados el grado de afección fue significativo, estando la copa de éstos quemada en torno al 70-100% de su totalidad.

Pero además del bosque de tejos, el Barranco del Hocino albergaba un bosque mixto, en el que destacaban quejigos y sabinas. De forma análoga, se evaluó el grado de afección del incendio al resto de especies acompañantes, arbóreas y arbustivas, estudiando la cobertura de regenerado natural. A pesar de que el fuego arrasó todos los estratos de vegetación -herbáceo, arbustivo y arbóreo- a lo largo de las 10 hectáreas del barranco, las expectativas de regeneración, salvo para los tejos y las sabinas, eran favorables. Las especies del género *Quercus* (principalmente quejigos), las rosáceas (majuelos, rosales silvestres y aladiernos) y los arces presentan una buena capacidad de brote. En cambio, los *Juniperus* (sabinas y enebros) muestran una notable dificultad de regeneración, debido a que carecen de mecanismos de adaptación al fuego de forma natural.

2. MEDIDAS DISUASORIAS Y ACTUACIONES DE EMERGENCIA

Las medidas disuasorias persiguen evitar daños adicionales a los causados por el fuego y enriquecimientos ilícitos, mientras que las actuaciones de emergencia evitan o minimizan a corto plazo el riesgo de procesos erosivos, plagas o daños a infraestructuras o personas.

Tras el impacto del fuego, la Consejería de Medio Ambiente colaboró en el proyecto adoptando y desarrollando las siguientes medidas:

- Acotamiento del pastoreo en toda la superficie afectada por el incendio, para evitar predación del ganado doméstico sobre los posibles brotes.
- Construcción de fajinas –con los restos de la madera extraída fuera del barranco– en las paredes de la hoz, para evitar pérdidas de suelo por escorrentía. Esta medida se desarrolló durante los meses previos a la primera primavera tras el incendio.

3. RECUPERACIÓN DE LA MASA FORESTAL

Se plantaron 142 plantones de tejo de forma manual, con azada. Estos plantones se distribuyeron en la margen izquierda del arroyo, al pie del barranco. Se empleó planta de 1 savia, en envase forestal, de región de procedencia compatible con la zona, proporcionada por la Junta de Comunidades. Se colocaron protecciones individuales o jaulones, hechos con malla sujeta a rollizos de madera.

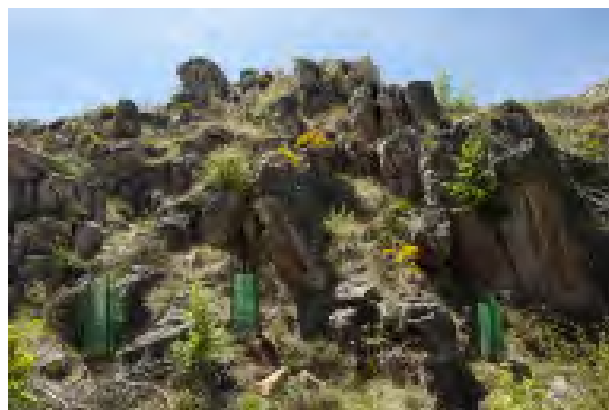


Foto 2. Detalle de la plantación de tejos

Otras plantaciones que se realizaron en el barranco han sido:

- Plantación de sabina mora (*Juniperus phoenicea*) y sabina albar (*Juniperus thurifera*), fundamentalmente en la ladera de solana del barranco (margen derecha del arroyo), lugar en el que existían antes del incendio.
- Plantación de plántulas de especies que forman parte del cortejo vegetal asociado a la tejeda a lo largo del barranco: majuelo (*Crataegus monogyna*),

rosal silvestre (*Rosa canina*), quejigo (*Quercus faginea*), endrino (*Prunus spinosa*) y zarzamora (*Rubus ulmifolius*).

- Plantación de especies de ribera en ambas márgenes del arroyo, a lo largo del cañón del Hocino. Se ha introducido fresno (*Fraxinus angustifolia*) y sauce (*Salix* sp.), con el objetivo de que el bosque de ribera favoreciese las condiciones de humedad en el barranco, redujese los efectos de posibles avenidas y ejerciese un mayor control de la erosión.

Nombre científico	Nombre común	Cantidad
<i>Taxus baccata</i>	Tejo	142
<i>Juniperus phoenicea</i>	Sabina mora	373
<i>Juniperus thurifera</i>	Sabina albar	250
<i>Crataegus monogyna</i>	Majuelo	120
<i>Rosa canina</i>	Rosal silvestre	100
<i>Quercus faginea</i>	Quejigo	73
<i>Prunus spinosa</i>	Endrino	50
<i>Rubus ulmifolius</i>	Zarza	50
<i>Fraxinus angustifolia</i>	Fresno	175
<i>Salix</i> sp.	Sauce	75
Total		1.408

Tabla 1. Resumen de las especies empleadas en las plantaciones

4. OTRAS ACTUACIONES

Para favorecer la dispersión zoócora de las semillas y su germinación se han instalado tres comederos para aves. Los zorzales desempeñan un papel fundamental en la regeneración natural de *Juniperus* como vectores de dispersión de los frutos. Los ácidos gástricos del aparato digestivo de estas aves eliminan la cubierta carnosa del gálibulo que inhibe la germinación de estas semillas, lo que motiva que bajo los dormideros que estas aves se observe una elevada germinación de semillas de dichas especies arbóreas.

De forma periódica se han recolectado semillas de localizaciones próximas al barranco no afectadas por el incendio y depositado en los comederos, fundamentalmente de sabinas y enebros al no detectar regeneración natural en el barranco o porque ésta no era suficiente. Además se han recolectado semillas de especies que presentan frutos carnosos apetecibles para las aves (*Rosa canina* y *Crataegus monogyna*) ya que, debido al carácter ornitócoro del tejo, estas especies podían actuar como facilitadoras para la futura recolonización del tejo.

5. MANTENIMIENTO

Periódicamente se han realizado labores de mantenimiento, que se han centrado en la supervisión de las protecciones en la plantación de tejos. Por un lado se han ido retirando dichas protecciones en las marras o plantones muertos. Por su parte, en los supervivientes, en el año 2011 se instaló una nueva protección, de mayor tamaño, a base de tutores de ferralla con una malla de mayor perímetro alrededor. Se eliminó también la vegetación herbácea competidora alrededor de los jóvenes plantones, rehaciendo los alcorques.

Además ha sido necesario instalar algunos protectores en otras de las especies que se plantaron en el barranco (sabinas, rosales silvestres...) tras finalizar el acotado al pastoreo.

6. SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

Para conocer los resultados de la restauración forestal efectuada sobre el terreno e ir retroalimentando el programa de restauración, adaptándolo a las necesidades que se fueron detectando, se han llevado a cabo de forma periódica diferentes labores de seguimiento.

La supervivencia media de la plantación de tejos se encuentra estabilizada en torno al 40%. Desde la definición del proyecto se contemplaba una mortandad importante, principalmente debido a la pedregosidad del terreno y a la dificultad de establecimiento de la especie.

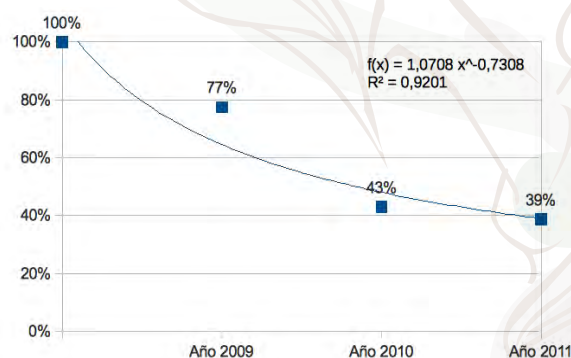


Gráfico 1. Evolución de la supervivencia media (%)

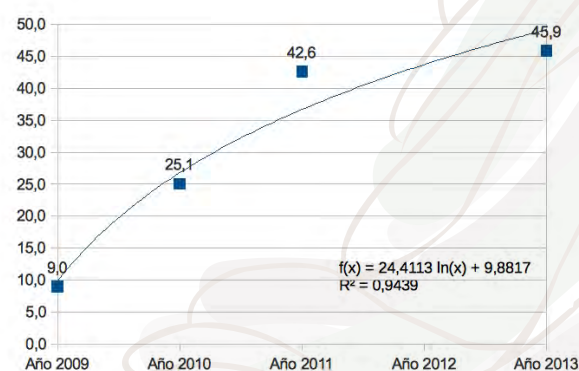


Gráfico 2. Evolución de la altura media (cm)

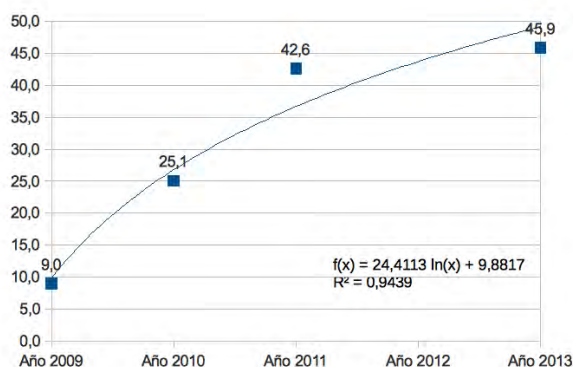


Gráfico 3. Evolución del diámetro basal medio (cm)

La altura media en la plantación de tejos se aproxima ya al medio metro (45,9 cm), siendo el grosor medio del tallo aún inferior al centímetro (0,69).

A pesar de que el bosque de tejos que albergaba el Barranco se vio gravemente dañado por el fuego, algunos pocos ejemplares han sido capaces de rebrotar a partir de la primavera de 2007 y presentan actualmente numerosos y vigorosos brotes.

El resto de especies acompañantes se han recuperado de manera rápida y satisfactoria, presentando el barranco ya una elevada biodiversidad: quejigos, arces, fresnos, guillomos, aladiernos, rosales silvestres, zarzas, lavandas, salvias, tomillos.... Se han realizado mediciones de diversidad vegetal, mediante transectos lineales. La diversidad en la zona de plantación se ha comparado con un control en las proximidades, pero en el exterior de la zona reforestada. Los datos obtenidos reflejan que la diversidad mostrada es la habitual en matorrales de la primera etapa de la sucesión en ecosistemas mediterráneos continentales. Además, en la evolución de la cobertura del barranco, podemos apreciar un aumento paulatino de los estratos arbóreo y arbustivo en detrimento del matorral.

Otro de los aspectos objeto de seguimiento ha sido el ramoneo. Hasta 2011 (cinco años después del incendio) el acotamiento al pastoreo se ha producido adecuadamente, lo que ha permitido una óptima regeneración de la zona. A partir de 2011, se comenzó de nuevo con esta actividad; por lo que ha sido necesaria la instalación de protectores individuales en los plantones (no así en los tejos, que ya contaban con protección). En el último año ha cesado de nuevo el pastoreo en la zona. Por su parte, parece que la población de rumiantes salvajes (principalmente corzos) no es tan elevada como para provocar daños a las plantaciones.

7. SENSIBILIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN

WWF considera que sin la participación de todos los sectores vinculados con los usos actuales del territorio, no es posible conservar, por ello otro de los objetivos de este proyecto perseguía la sensibilización de la población del entorno y la sociedad en general.

En este sentido, muchas de las actuaciones aquí descritas (plantaciones manuales, instalación de comederos para aves, recolección de material genético, labores de mantenimiento, seguimiento...) se han realizado en el marco de actividades de participación con voluntarios de WWF o de otros colectivos. También se han realizado jornadas de plantación con la participación de la población local.

CONCLUSIONES

El camino que queda para recuperar el ecosistema, que necesitó cientos de años para albergar tanta biodiversidad, es muy largo; por tanto, es necesario continuar analizando la evolución de las especies de flora y fauna y retroalimentando el proyecto de restauración los próximos años.



Foto 3. Ejemplar de tejo plantado

AGRADECIMIENTOS

Al Ayuntamiento de Riba de Saelices, el Parque Natural del Alto Tajo, la Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Rural de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, la Fundación Banco Santander y a todos los voluntarios que han participado en las actividades de participación.

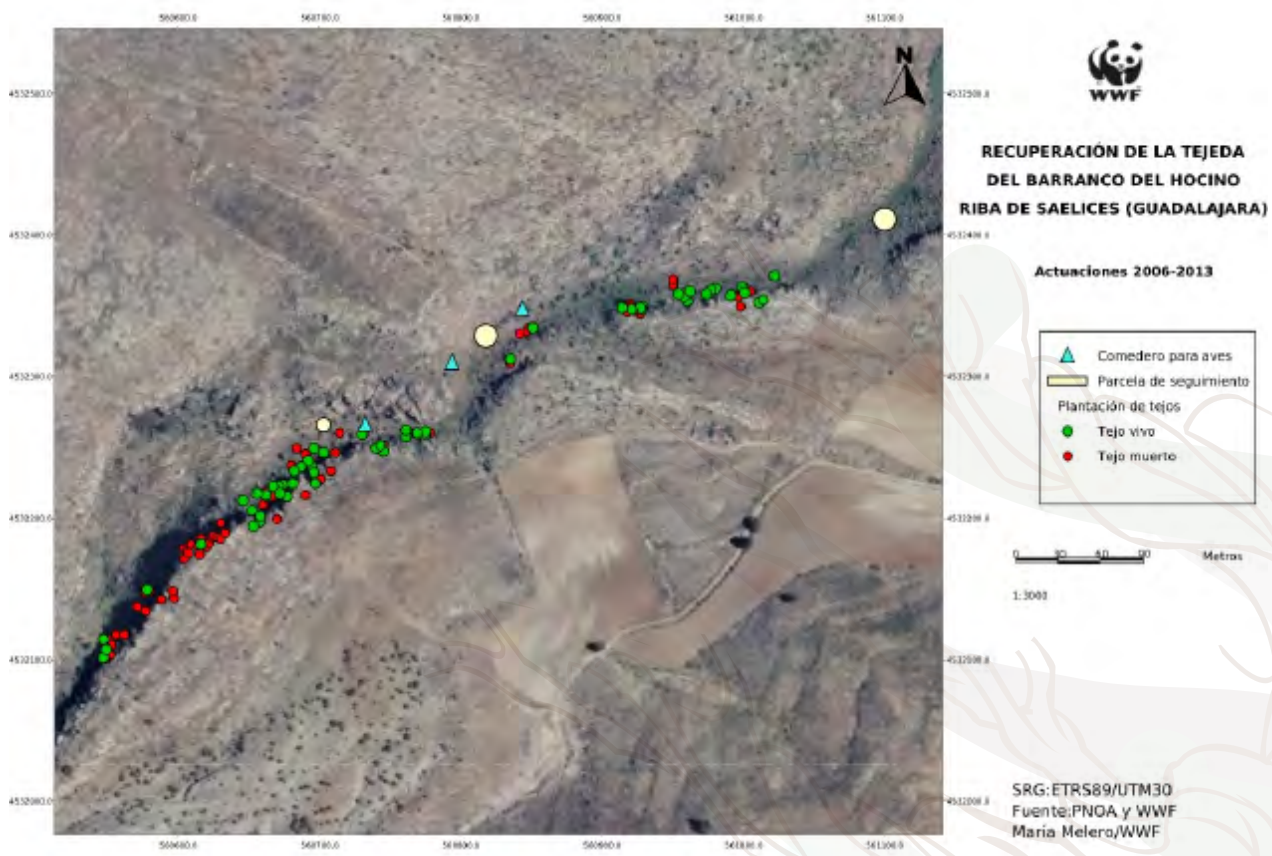
BIBLIOGRAFÍA

HERNÁNDEZ, L. & ROMERO, F. (2008). Criterios de restauración de zonas incendiadas. Manuales de Desarrollo sostenible. Fundación Banco Santander

WWF España (2013). Informe de actuaciones del proyecto “Recuperación de la Tejeda del Hocino (Riba de Saelices, Guadalajara)” 2006-2013

WWF España (2014). Los bosques después del fuego. Análisis de WWF sobre la necesidad de restaurar para reducir la vulnerabilidad de los bosques

ANEX1



Efecto de dos niveles de fertilización sobre la calidad de la planta de *Taxus baccata* L. y su respuesta en campo en distintos ambientes lumínicos

JUAN L. NICOLÁS PERAGÓN¹, LUIS F. BENITO MATÍAS¹, JAIME PUÉRTOLAS SIMÓN²

¹ Centro Nacional de Recursos Genéticos Forestales *El Serranillo* - Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal - Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente - Apdo. 249, 19004 Guadalajara (España)

² Lancaster Environment Centre - Lancaster University - Lancaster, LA1 4YQ, United Kingdom

RESUMEN

El objetivo de este estudio ha sido determinar la influencia sobre la supervivencia y el crecimiento post-plantación de brinzales de tejo (*Taxus baccata*), tanto de la fertilización previa en vivero como del ambiente lumínico en el sitio de plantación. Todas las plantas fueron obtenidas a partir del mismo lote de semillas, empleando idéntico envase y sustrato y siguiendo el mismo calendario de fertirrigación. Se empleó el mismo tipo de fertilizante soluble con dos concentraciones diferentes por tratamiento, que resultaron en aportes de 239 y 376 mg N planta⁻¹ tras los dos años de cultivo. Los brinzales más fertilizados tuvieron mayor diámetro, altura, peso seco de la parte radical y de la parte aérea, contenido de N y potencial de regeneración radical antes de plantar. Su respuesta en campo se evaluó en dos localizaciones en el monte de Valsain (Segovia), disponiendo en cada una de ellas la planta en tres ambientes lumínicos (plena luz, media sombra y sombra). Durante seis años se hizo un seguimiento de la supervivencia y el crecimiento en diámetro y altura de la planta. Aunque los dos tratamientos de fertilización no han ofrecido diferencias significativas en cuanto a supervivencia, a largo plazo se ha constatado un mayor crecimiento de los brinzales más fertilizados. El ambiente de sombra resultó más favorable para la supervivencia, si bien el crecimiento en tal situación fue bastante inferior, revelando un compromiso entre supervivencia y crecimiento. Se recomienda aplicar altos niveles de fertilización en vivero y plantar en condiciones iniciales de sombra (PPFD<30%) y al cabo de unos años proporcionar una mayor luminosidad a los brinzales a fin de maximizar el éxito de las plantaciones de tejo en las montañas de la zona mediterránea.

ABSTRACT

The influence of pre-planting nursery fertilization and light environment at the plantation site on growth and survival of out planted two-year-old yew (*Taxus baccata*) seedlings was studied. Seedlings were grown from the same seed lot, container type and fertirrigation schedule. A soluble fertilizer with two contrasted doses per treatment resulting in 239 and 376 mg of total N per seedling applied during the whole culture period. Seedlings grown under the highest level of fertilization

had greater root collar diameter, height, root and shoot biomass, and root growth potential before planting. Post-planting performance was assessed at two sites in Valsain Forest (Central Mountain Range, Segovia, Spain). In each site, seedlings from both fertilization treatments were planted on three plots with contrasted light environment (full sunlight, open canopy and closed canopy). Survival and diameter and height growth were monitored for six years. Nursery fertilization did not affect survival, but high levels enhanced post-planting growth. Survival was higher under closed canopy, but growth was lower than in high light sites, revealing a trade-off for survival and growth across light levels. High pre-planting fertilization level and planting under shaded conditions (PPFD<30%) and a few years later providing high light levels can be recommended to maximize the success of yew plantations in Mediterranean mountains.

PALABRAS CLAVE

Taxus baccata, cultivo, fertilización, nitrógeno, luz, supervivencia

INTRODUCCIÓN

El tejo europeo (*Taxus baccata* L.) es una especie relictica, cuya presencia ha quedado restringida a pequeñas poblaciones aisladas entre sí (THOMAS & POLWART, 2003). El grado de amenaza en gran parte de su amplia área natural ha motivado que sus poblaciones sean reconocidas como hábitats prioritarios para la conservación de la biodiversidad en la Unión Europea. En la Península Ibérica, aunque su distribución es extensa (ORIA 1997), son escasas las formaciones en las que el tejo es el árbol dominante, apareciendo generalmente como elemento arbóreo subordinado a otras especies de mayor porte. En amplias zonas sus poblaciones se han ido reduciendo debido a las talas, las quemadas para evitar el envenenamiento del ganado, la herbivoría de los cérvidos y los problemas de regeneración derivados de la combinación de dioecia y aislamiento.

A pesar de su problemática, han sido escasas las actuaciones de recuperación del tejo en que se han acometido trabajos de plantación, en buena parte debido

a la dificultad de producir planta a causa del profundo letargo de la semilla. Tal circunstancia ha hecho usual recurrir al estaquillado para la obtención de plántulas, lo que conlleva un empobrecimiento genético. Por otra parte, son escasos los estudios relativos a su cultivo estando dirigidos en su mayoría a la producción de planta ornamental de tamaño grande, obtenida de estaquilla y cultivada en contenedores de gran volumen (KHATAMIAN Y LUMIS 1982; LIS-KRZYŚCIN 2010), distintos de los empleados en la viverística forestal.

En el ámbito mediterráneo, el manejo del cultivo se ha mostrado como una herramienta eficaz para finalizar con éxito la restauración y la recuperación de zonas forestales. Dentro de las técnicas viverísticas, la fertilización, con el nitrógeno como elemento principal, está íntimamente ligada al arraigo y posterior desarrollo de los brinzales en campo (OLIET *ET AL.* 2009; VILLAR *ET AL.* 2005; VILLAR *ET AL.* 2012). Sin embargo, se tiene poco conocimiento sobre los requerimientos nutricionales y respuesta a la fertilización de las plantas de tejo destinadas a reforestación. En este trabajo se ha optado por un régimen de fertilización en el que durante la fase de establecimiento e inicio de la de crecimiento la disponibilidad de nutrientes se garantiza mediante el empleo de sustrato fertilizado, para posteriormente abordar un aporte diferenciado de abono soluble mediante fertirrigación.

Por otra parte, en España está regulada la producción y comercialización de las plantas de tejo a emplear en trabajos de índole silvícola (Decreto 289/2003). Sin embargo, a diferencia de otras especies forestales de empleo más generalizado, no hay establecidos requisitos legales de calidad de tipo morfológico ni relativos a parámetros de cultivo. En razón a lo expuesto son necesarios estudios que amplíen el conocimiento sobre aspectos relacionados con el cultivo de la planta destinada

al ámbito forestal, a la vez que sirvan de referencia para fijar atributos de calidad.

Aunque el tejo está considerado una especie tolerante a la sombra (BRZEZIECKI Y KIENAST 1994; THOMAS 2010), los estudios realizados presentan una cierta disparidad de resultados en cuanto al efecto de la disponibilidad de luz sobre la supervivencia y el crecimiento de los jóvenes brinzales (THOMAS & POLWART 2003; PERRIN & MITCHELL 2013; ISZKUŁO 2010). Por otra parte, cabe entender que la influencia de la sombra será diferente en el área meridional de la especie (LINARES, 2012).

El objetivo de este trabajo es contribuir al conocimiento del cultivo y uso en reforestación de planta de tejo obtenida de semilla. Concretamente se analiza la influencia de dos niveles de fertilización nitrogenada en algunos atributos morfológicos y funcionales y la respuesta post-plantación de los brinzales en el marco de tres niveles de iluminación natural en condiciones de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las plantas utilizadas fueron cultivadas a partir de un lote de semillas correspondiente a la procedencia Sierra de Guadarrama-Ayllón, a las que se aplicó una doble estratificación para romper su letargo, de acuerdo con el método propuesto por SUSZKA (1985). Posteriormente, las plántulas emergidas en el semillero fueron transplantadas de inmediato a los alvéolos de cultivo definitivo. El contenedor utilizado fue una bandeja de plástico termo conformado de 45 alvéolos (Plasnor®) de 300 cm³ de capacidad y 19 cm de alto, y que conlleva una densidad de cultivo de 283 plantas/m². El sustrato utilizado fue turbia rubia fertilizada (4460 B6

Fecha	Actuación	Número de aplicaciones	Nivel <i>Estándar</i>		Nivel <i>Extra</i>	
			ppm	mg N planta ⁻¹	ppm	mg N planta ⁻¹
19-10-04	Semillado (invernadero)					
7-19/12/04	Trasplante a bandeja de cultivo					
18-5-05	Fertilización	1	50	3,18	100	6,36
30-5-05	Traslado a exterior (pleno sol)	21	50	3,18	100	6,36
3-6-05	Inicio de fertilización semanal					
21-10-05	Fin de fertilización semanal					
2-6-06	Inicio de fertilización semanal	21	50	3,18	100	6,36
1-12-06	Fin de fertilización semanal					
		3 (últimas)	100	14,17	100	14,17
28-3-07	Altura, diámetro y biomasa					
2-4-07	Potencial de regeneración radical					

Tabla 1. Calendario de actuaciones relativas al cultivo y medición en vivero de brinzales de *Taxus baccata* L. de dos savias para el estudio del efecto de dos niveles de fertilización nitrogenada. Centro Nacional de Recursos Genéticos *El Serranillo* (Guadalajara – España)

Forestal, Kekkilä), lo que supuso aproximadamente, una fertilización de base de 60 mg N planta⁻¹ (24 mg en abono de liberación lenta).

En la Tabla 1 puede verse el calendario de actuaciones seguido para el cultivo de los brinzales de tejo en el plazo de dos periodos vegetativos. El fertilizante empleado fue un abono soluble de formulación 20-7-19 (Conifer Grower; Peters Professional®, Scotts) en el primer año y 17-5-19 (Hakaphos®) en el segundo, aplicado en fertirrigación, de forma convencional y diferenciando dos niveles de abonado. Uno (*estándar*), con aportes para el primer y segundo año de 70 y 109 mg N planta⁻¹ respectivamente, y otro (*extra*), de rango alto, en el que tales adiciones fueron 140 y 176 mg N planta⁻¹. Ambas fertilizaciones siguieron el mismo calendario (Tabla 1).

El diseño experimental durante la fase de vivero consistió en dos repeticiones por tratamiento. Cada unidad experimental estaba constituida por 5 bandejas de cultivo (225 plantas).

La determinación de la capacidad de los brinzales para producir nuevas raíces (PCR) se realizó mediante el transplante de 40 plantas (10 por tratamiento y repetición), recogidas al azar, a contenedores de 3 l (Forest Pot®) llenados con perlita. Tales plantas se dispusieron aleatoriamente en invernadero, donde permanecieron 23 días, manteniéndose bien hidratadas. Al final de este plazo fueron extraídas y se procedió a cortar y medir todas las raíces blancas regeneradas mayores de 1 cm. Tras su medición se secaron en una estufa a 50°C y se pesaron. Con igual método se cogió una muestra de 40 plantas para su caracterización morfológica. Una vez medidos la altura y el diámetro del cuello de la raíz, las muestras fueron secadas en estufa para obtener los pesos secos de las partes aérea y radical y proceder al análisis de contenidos nutritivos.

Para su evaluación en campo, el 2 de abril de 2007 la planta se dispuso en dos localizaciones del Monte de Valsaín (Segovia), situado en la región de procedencia de la semilla utilizada, y donde existe presencia relictica del tejo. Una, en el paraje Alto de la Fuente de los Pájaros (localización 1), en lo alto de una loma, y la otra, en la Peña de las Tres Varas (localización 2), en una zona de pendiente suave a media ladera y orientada al N, a 1.529 m y 1.380 m de altitud respectivamente. En ambos casos, la vegetación arbórea estaba constituida por población adulta de *Pinus sylvestris*. La precipitación y la temperatura media anuales para el periodo 2007-2013, obtenidas por interpolación de los datos de las estaciones climatológicas de Navacerrada Puerto (1.894 m) y del C.N.R.G.F. Valsaín (1.150 m), entre las que se sitúan, son 890 mm y 9,0 °C (Loc. 1) y 765 mm y 9,7 °C (Loc. 2). La duración del periodo vegetativo oscila alrededor de 4 meses. Sus características edáficas son similares: suelos muy lavados y con pocos nutrientes, de naturaleza arenosa y pH de 5,5 en la localización 1, y franco-arenosa, pH de 5,8 y con más contenido de Ca en la localización 2. En cada una de ellas los brinzales se plantaron en tres parcelas correspondientes, en razón a la cobertura arbórea, a ambientes

lumínicos naturales diferenciados. Para su ubicación se midió la radiación fotosintéticamente activa (PAR), en $\mu\text{moles}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, mediante un sensor de quantum (modelo Hansatech FMS2). A partir de los datos obtenidos se seleccionaron las parcelas en razón a considerar tres niveles de iluminación en relación a la cantidad total de radiación sin cobertura arbórea: 5%, 30% y 95% de PPFD (porcentaje de densidad de flujo de fotones) total. En cada una de estas parcelas se dispusieron 3 repeticiones, con 10 plantas de cada nivel de fertilización por repetición. El total de 60 plantas/parcela, dispuestas a marco real de 1 m x 1 m, se distribuyó en 6 filas separadas, cada una de las cuales correspondía a una unidad experimental. La preparación del suelo consistió en la apertura de hoyos de 80 cm de profundidad, realizados con barrena helicoidal portátil, estando las parcelas libres de todo tipo de matorral. Todas las parcelas se mantuvieron valladas en su contorno durante la duración del estudio para evitar posibles daños por el ganado y los corzos, muy abundantes en la zona. Al momento de establecer la plantación se midieron la altura y el diámetro en el cuello de la raíz de la planta utilizada.

Se hicieron varias evaluaciones de la supervivencia a lo largo del primer periodo vegetativo (hasta mediados de otoño) y al término del primer, segundo y sexto año en campo. Coincidiendo con los conteos del primer y último año se realizaron mediciones de altura y diámetro del tallo. A partir de dichas variables se determinó el volumen del tallo, mediante su asimilación a un cono. El crecimiento en volumen fue usado como una medida del desarrollo de las plantas.

Los datos se analizaron utilizando el software R. Para el análisis de morfología y PCR se realizó un ANOVA y posteriormente un test de Tukey. La supervivencia se analizó por un análisis de una distribución binomial mediante el uso de una función logística como función de enlace. El crecimiento en campo se evaluó mediante un análisis de correlación y un test de Student.

RESULTADOS

Al final del cultivo en vivero se obtuvieron dos morfotipos de plantas claramente diferenciados en base a la dosis de N aportada (Tabla 2). El análisis de los datos mostró diferencias significativas entre los individuos evaluados, tanto en términos cuantitativos, como en los de respuesta potencial en campo. Las plantas más fertilizadas en los dos años que permanecieron en vivero mostraron mayor altura y diámetro ($p<0,000$), además de haber adquirido una mayor biomasa, tanto aérea como radical ($p<0,000$). El resultado del ensayo de potencial de regeneración radical ilustró que las plantas más abonadas, y que habían crecido más, fueron capaces de formar significativamente mayor cantidad de raíces nuevas, según se desprende de las dos variables consideradas, longitud ($p<0,011$) y biomasa ($p<0,001$). El contenido en N de las plantas altamente fertilizadas fue significativamente mayor, tanto en la parte aérea ($p<0,000$) como en la radical ($p<0,000$).

Parámetro	Fertilización Estándar	Fertilización Extra	Significación
Altura (cm)	11,89±2,36 b	14,04±1,85 a	P<0,000**
Diámetro (mm)	2,79±0,5 b	3,12±0,43 a	P<0,000**
Biomasa parte aérea(g)	2,33±0,77 b	3,78±1,30 a	P<0,000**
Biomasa parte radical (g)	1,68±0,67 b	2,72±0,99 a	P<0,000**
Longitud raíces nuevas (cm)	190,37±98,26 b	275,45±111,44 a	P<0,011*
Biomasa raíces nuevas (g)	0,095±0,052 b	0,191±0,100 a	P<0,001*
Concentración N parte aérea (%)	0,71±0,079 b	1,25±0,075 a	P<0,000**
Concentración N parte radical (%)	0,78±0,079 b	1,30±0,051 a	P<0,000**

Tabla 2. Media de los parámetros morfológicos obtenidos ($\pm$ error estándar) para cada tratamiento de fertilización en vivo. La misma letra indica ausencia de diferencias significativas (Test de Tukey); n=40.

La mayoría de las marras producidas tuvieron lugar durante el primer año de plantación, a lo largo del verano (Figura 1). La supervivencia (Tabla 3) se vio claramente influenciada por el lugar de plantación y el grado de iluminación, pero no por la fertilización, aunque las plantas con mayor aporte de N sobrevivieron al cabo de seis años ligeramente más (52% nivel extra vs 49% nivel estándar). Las plantaciones realizadas a menor altitud sobrevivieron

significativamente más que las de la localización de mayor cota (supervivencia sexto año: 83% Loc.2 vs 18% Loc.1; $p=0,000$). En cuanto a la iluminación, la supervivencia fue menor en las plantaciones más insoladas, con diferencias estadísticamente significativas entre ellas; así la supervivencia en el sexto año para los niveles 5, 30 y 95% de PPFD fue 76%, 41% y 34% respectivamente; $p=0,000$).

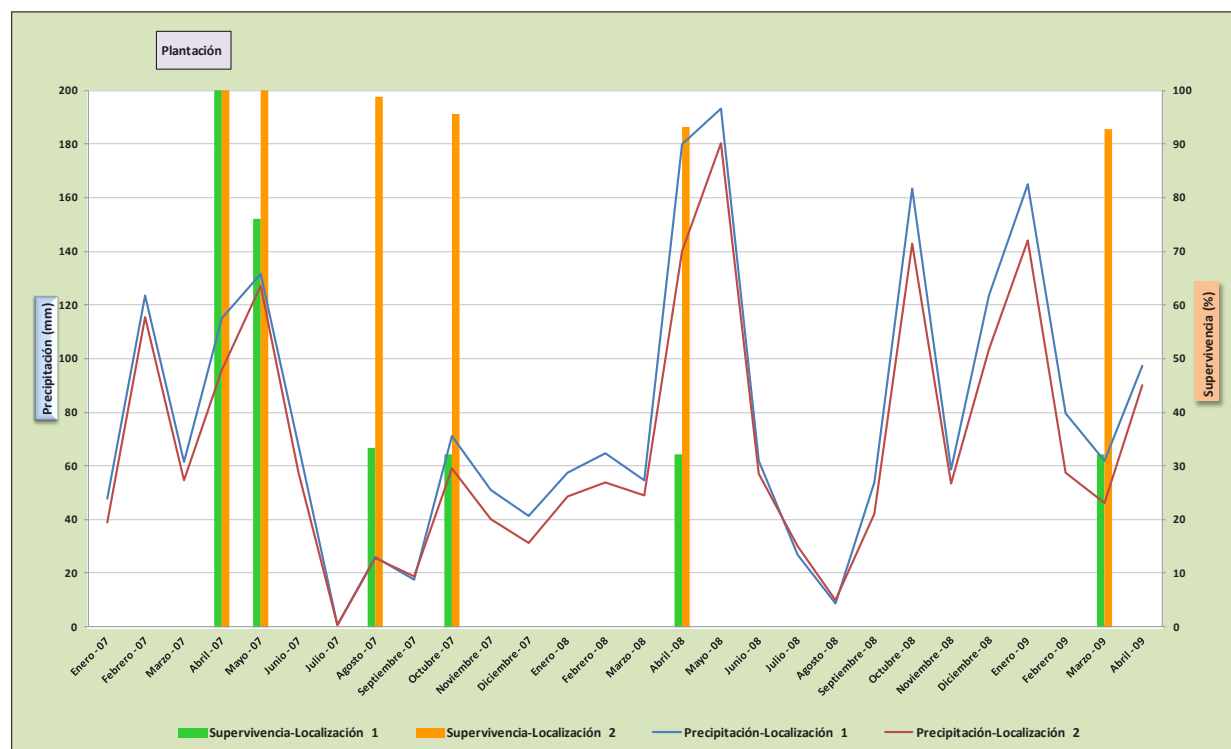


Figura 1. Precipitación mensual y evolución de la supervivencia correspondiente a las dos localizaciones del estudio durante el periodo enero-07 a abril-09. Localización 1: Alto de la Fuente de los Pájaros (1.529 m.s.n.m.); Localización 2: Peña de las Tres Varas (1.380 m.s.n.m.).

Parámetro	Supervivencia Octubre-07			Supervivencia Marzo-09			Supervivencia Mayo-13		
	Log-Likelihood	χ^2	p	Log-Likelihood	χ^2	p	Log-Likelihood	χ^2	p
Fertilización	-237,432	0,4281	0,513	-237,87	0,581	0,446	-124,14	0,624	0,4296
Iluminación	-108,777	96,18	0,0000*	-110,031	98,621	0,0000*	-124,45	84,96	0,0000*
Localización	-156,867	161,13	0,0000*	-159,34	157,062	0,0000*	-166,93	165,19	0,0000*

Tabla 3. Resultados del efecto de la fertilización, iluminación y localización en la supervivencia tras el primer verano y al cabo del segundo y sexto año de plantación (Análisis binomial con función logística como función de enlace). En negrita se indican los efectos estadísticamente significativos.

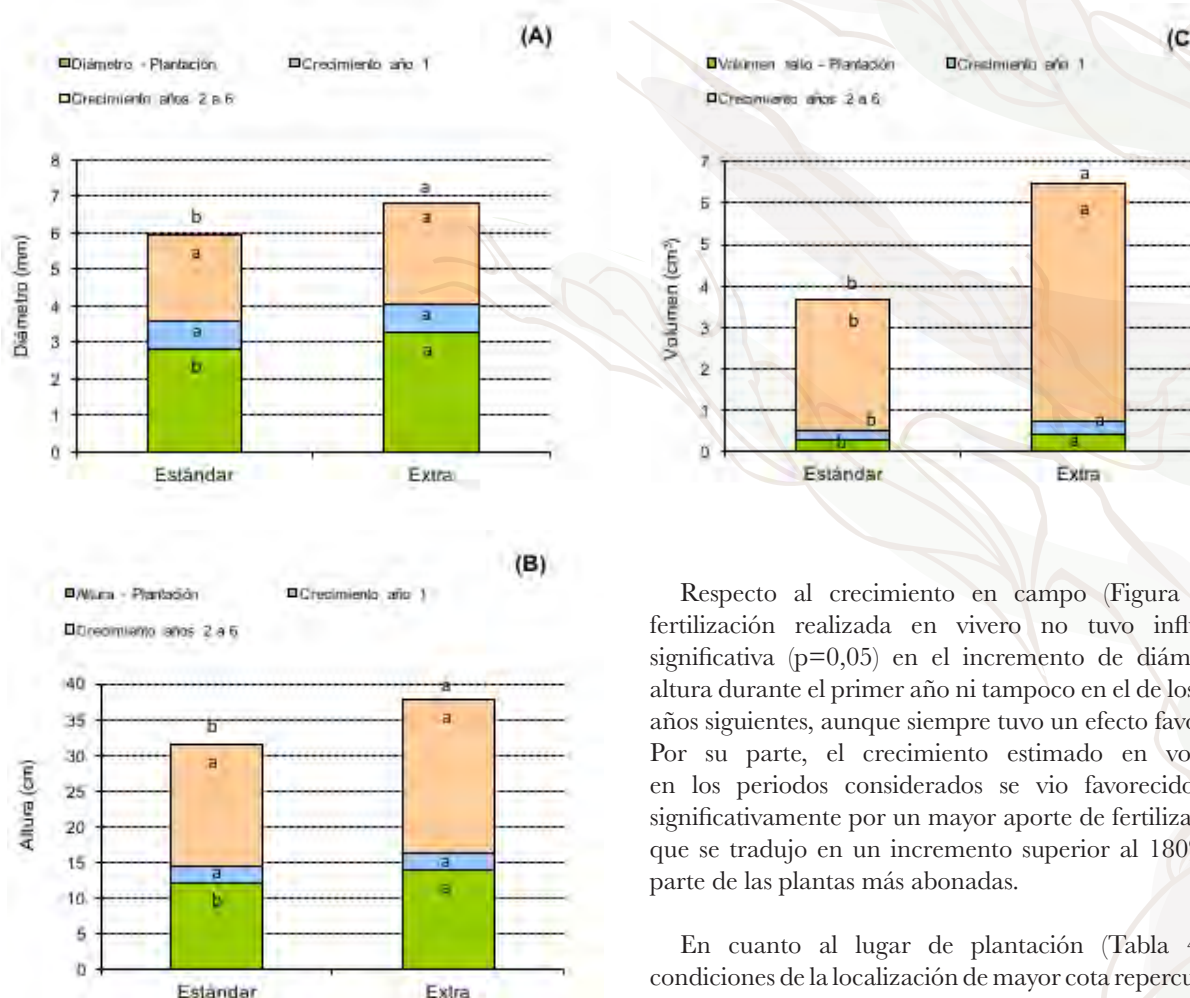


Figura 2. Medición base y crecimiento del diámetro en el cuello de la raíz (A), la altura (B) y el volumen (C) de brinzales de tejo cultivados con dos niveles de fertilización (estándar y extra), correspondientes a la plantación, al primer año en campo y a los cinco años siguientes. Letras diferentes para la misma variable representan medias significativamente diferentes ($p=0,05$).

Respecto al crecimiento en campo (Figura 2), la fertilización realizada en vivero no tuvo influencia significativa ($p=0,05$) en el incremento de diámetro y altura durante el primer año ni tampoco en el de los cinco años siguientes, aunque siempre tuvo un efecto favorable. Por su parte, el crecimiento estimado en volumen en los periodos considerados se vio favorecido muy significativamente por un mayor aporte de fertilizante, lo que se tradujo en un incremento superior al 180% por parte de las plantas más abonadas.

En cuanto al lugar de plantación (Tabla 4), las condiciones de la localización de mayor cota repercutieron negativamente en el crecimiento en altura ($p=0,000$) y volumen ($p=0,022$) durante el primer año; dicho efecto adverso se mantuvo respecto a los citados parámetros ($p=0,000$) después de seis años, extendiéndose también al incremento en diámetro ($p=0,000$). Por su parte, el efecto del nivel de iluminación se hizo manifiestamente más importante con el tiempo (Tabla 4). Así, la mayor disponibilidad de luz, que favoreció el incremento en volumen de las plantas durante el primer año ($p=0,018$), al cabo de seis años se relacionó de forma significativa con los incrementos de altura ($p=0,000$), diámetro ($p=0,000$) y volumen ($p=0,000$).

Parámetro	Localización	Nivel de iluminación
Incremento Altura año 1 (cm)	$r=-0,324$; $p=0,000^{**}$	$r=0,117$; $p=0,119$
Incremento Diámetro año 1 (mm)	$r=-0,093$; $p=0,214$	$r=0,146$; $p=0,050$
Incremento Volumen año 1 (cm³)	$r=-0,170$; $p=0,022^{*}$	$r=0,176$; $p=0,018^{*}$
Incremento Altura año 6 (cm)	$r=-0,381$; $p=0,000^{**}$	$r=0,622$; $p=0,000^{**}$
Incremento Diámetro año 6 (mm)	$r=-0,363$; $p=0,000^{**}$	$r=0,479$; $p=0,000^{**}$
Incremento Volumen año 6 (cm³)	$r=-0,249$; $p=0,001^{*}$	$r=0,449$; $p=0,000^{**}$

Tabla 4. Correlación entre las condiciones ecológicas del lugar de plantación y el crecimiento acumulado de las plantas en campo transcurrido uno, dos y seis años desde la plantación. En negrita se representan las diferencias estadísticamente significativas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La reintroducción del tejo se enfrenta a dificultades en la producción viverística, debido a su problemática germinación y lento crecimiento. Los estudios realizados en este campo han partido generalmente de planta producida por estaquillado (GARCÍA & OBESO, 2003; PERRIN & MITCHELL, 2013). En este trabajo se han obtenido, a partir de semilla y en contenedor de dimensiones similares a los empleados con la mayoría de las especies forestales en la España no atlántica, plantas de tejo que han podido ser trasladadas a campo después de dos años de cultivo en vivero.

El mayor obstáculo para la utilización de especies forestales en ambiente mediterráneo viene impuesto por la limitación de la disponibilidad hídrica durante los meses estivales. Esta dificultad puede acrecentarse en especies que no han desarrollado mecanismos suficientes para combatir la ausencia de agua, especialmente las provenientes de áreas más húmedas, como son las de distribución eurosiberiana, entre las que figura *T. baccata*. No obstante, el tejo tiene presencia en muchas zonas de alta montaña mediterránea. Una estrategia para optimizar la reforestación en áreas mediterráneas continentales se basa en la obtención de individuos que, mediante la fotosíntesis y la movilización de nutrientes, tengan una alta capacidad de producción de carbohidratos, lo que favorecerá un rápido establecimiento en el lugar de plantación, permitiendo asegurar la supervivencia durante los meses de escasez hídrica y un mayor crecimiento durante las épocas de más disponibilidad (VILLAR-SALVADOR *ET AL.*, 2012). El tamaño del contenedor, la densidad de cultivo, el régimen de fertilización y la duración de la fase de vivero, deberían ser los idóneos para conferir estas características a los brinzales antes de ser llevados al lugar de plantación, y poder producir, dentro de los rangos de la viverística forestal, plantas de mayor tamaño (VAN DEN DRIESCHKE, 1991; PUÉRTOLAS *ET AL.*, 2003; OLIET *ET AL.*, 2009). En relación a ello, es de reseñar que en el transcurso del estudio se ha comprobado la imposibilidad de producir brinzales de tejo de una savia en envase de 300 cm³ (cepellón no

consolidado y parte aérea pequeña), aún aplicando un alto nivel de fertilización. La prolongación del cultivo a dos años ha permitido a su término, obtener plantas con un cepellón cohesionado y sin deformidades, de un tamaño adecuado, bien equilibradas y con buena capacidad de crecimiento. Frente a otras consideraciones (GARCÍA 2007; NAVARRO, 2008) que recomiendan que el cultivo de plantas de tejo de 2-3 savias se haga en contenedor grande (≥ 500 cm³) y con sustratos mezclados, hemos obtenido plantas con buenos atributos morfológicos y de respuesta mediante la metodología de cultivo desarrollada en este trabajo. Asimismo se señala que no se observó ningún síntoma de toxicidad en las plantas integrantes del ensayo. Ante la ausencia de unos requisitos mínimos de carácter oficial para evaluar la calidad de la planta de tejo cultivada en vivero y como complemento de los presentados por otros autores (NAVARRO, 2008), proponemos que, de acuerdo a los resultados de campo obtenidos, los datos derivados de este trabajo sean tenidos en cuenta como referencia.

El nivel de fertilización no tuvo influencia significativa en la supervivencia a lo largo de los seis años de seguimiento de la planta en campo, pero sí ejerció un efecto positivo en el valor último de todas las variables morfológicas consideradas (Figura 2). Con respecto al crecimiento, no se detectaron diferencias significativas respecto al diámetro y la altura, pero sí se han encontrado desde el primer año en el incremento en volumen, dato morfológico aglutinador de los dos anteriores. Por último señalar que se ha comprobado (datos no mostrados) una correlación significativa entre el tamaño de las plantas en el momento de la plantación con el que han alcanzado a los seis años, pero no así con la supervivencia. Según recoge la bibliografía (NAVARRO *ET AL.*, 2006), este efecto neutro del tamaño de la parte aérea sobre la supervivencia es relativamente frecuente en las especies no mediterráneas, como es el caso del tejo.

Por otra parte, lo reseñado coincide parcialmente con lo propuesto por VILLAR-SALVADOR *ET AL.* (2012) en relación a que los brinzales de mayor tamaño presentan mejores resultados en cuanto a supervivencia y crecimiento cuando se trata de condiciones áridas mediterráneas. Aún considerando la mortandad estival

registrada, el hecho de que los factores discriminantes propios de las zonas xéricas no hayan tenido una relevancia tan marcada respecto a otros (luz, fisiografía) podría haber sido la causa de que el tamaño de la planta y, a su vez, la fertilización, no resultarán relevantes respecto al porcentaje de marras.

En relación con los resultados derivados de las cantidades de N aportadas y su aplicabilidad, es oportuno remarcar la existencia en nuestro trabajo, de un abonado de base, en forma de sustrato fertilizado de origen. Ante la falta de referencias, tal fertilización ha permitido garantizar que las plántulas dispuestas en condiciones ambientales no limitantes, como ha sido en nuestro caso la permanencia en invernadero, puedan disponer desde el momento de su trasplante a alveolo, los nutrientes que les son precisos durante cinco meses. Este planteamiento de abonado base y posterior fertilización ajustada, a aplicar a los brinzales de tejo, es contemplado por Navarro *et al.* (2013) como una alternativa válida al empleo de abonos de liberación lenta. Fijándonos en los aportes diferenciados, y aun considerando como adecuado, dados los resultados de supervivencia y crecimiento obtenidos, el nivel moderado (aproximadamente 70 y 110 mg N planta⁻¹ para cada año de cultivo), la ventaja adicional que la dosis más alta conlleva sobre el crecimiento y el tamaño final de las plantas, nos hace aconsejar que el aporte anual de N por brinjal se sitúe en el entorno de los 140 mg adicionales durante el primer año y de los 170 mg totales durante el segundo.

La mayoría de marras se produjeron durante el primer año, en el periodo de mayor estío (Figura 1). Frente a otros trabajos desarrollados en Centroeuropa (Iszkulo, 2010), en los que la mortandad se producía en invierno, a causa de la sequía fisiológica por grandes bajadas de temperatura en ausencia de precipitación, en la experiencia llevada a cabo en Valsaín está claro que el principal factor adverso es la sequía estival. Tal consideración coincide con lo expuesto en diferentes trabajos (Sanz *et al.*, 2009; Linares 2012), en los que se señala a la disponibilidad de agua en el suelo como el principal condicionante para la regeneración del tejo en las montañas mediterráneas. A su vez, la desigual supervivencia entre las localizaciones, descartadas diferencias relevantes en cuanto a la naturaleza del suelo, podría ser debida a una mayor sequedad ambiental en la de mayor cota, por estar en buena parte expuesta a todos los vientos, respecto a la de media ladera, que se encuentra más protegida. El nivel de N aplicado no tuvo ningún efecto negativo en la supervivencia en campo, y no se le puede asignar influencia en la alta mortandad de las parcelas más iluminadas, lo que está en discordancia con resultados anteriores (Iszkulo 2010).

En nuestro estudio, la sombra tuvo un efecto beneficioso en la supervivencia de los brinzales de tejo, siendo de resaltar que en la localización de mayor altitud

las plantas dispuestas bajo un mayor nivel de cobertura son las únicas que sobrevivieron. Cabría deducir que en ambientes mediterráneos una densidad de canopia elevada podría favorecer la introducción de brinzales de tejo. Esto podría representar una contradicción con lo expuesto por diversos autores (ISZKULO & BORATYŃSKI, 2006; ISZKULO, 2010; LINARES 2012), para quienes la sombra puede tener efectos adversos, independientemente de su tolerancia a la misma. En tal sentido, ISZKULO Y BORATYŃSKI (2004) encontraron que debajo de un dosel de coníferas, la supervivencia disminuía a partir de que los brinzales alcanzaban los 25 cm de altura. Sin embargo, Thomas (2010) considera que *T. baccata* es capaz de mantener niveles aceptables de fotosíntesis bajo diferentes rangos de luminosidad, y PERRIN & MITCHELL (2013) no encontraron en su estudio mortandad atribuible a la sombra. El hecho de que las plantas sobrevivan más con bajo nivel de luminosidad podría ofrecer una ventaja competitiva respecto a otras especies arbóreas, como se ha demostrado que ocurre con *Abies alba* (ISZKULO ET AL., 2012). En el presente trabajo, el nivel de mayor insolación favoreció el crecimiento en diámetro y altura, coincidiendo con lo observado en otros trabajos (ISZKULO ET AL., 2007). Este hecho constatado es una circunstancia aceptada de forma general (ISZKULO 2010; PERRIN & MITCHELL 2013; LINARES, 2012), aunque en nuestro caso no parece existir limitaciones en cuanto a la viabilidad de las plantas relacionadas con su talla. Probablemente, la presencia en sombra limite la capacidad fotosintética de las plantas, aunque este hecho se vería compensado por una menor necesidad hídrica. Hay que resaltar que en el área más iluminada, a diferencia de las otras zonas, la competencia derivada de la aparición de pies de matorral y de arbolado (dato no mostrado), principalmente de *Quercus pyrenaica*, pudo contribuir a tal circunstancia.

En razón al efecto beneficioso inicial de la sombra respecto a la supervivencia de los brinzales de tejo, cabría evaluar, mediante un seguimiento de varios años, el desarrollo de plantaciones utilizando especies nodriza, cuyo efecto protector respecto al ramoneo está comprobado (GARCÍA & OBESO, 2003). Se trataría de aprovechar arbustos de porte tal, que disminuyan el insolamiento de las plantas de tejo en los primeros años tras la plantación, y que posteriormente, de forma natural o mediante la acción humana, pasen a ser dominados en altura, pero manteniendo su papel protector. Con ello se favorecería el despegue del crecimiento de los tejos ya asentados, al recibir una mayor iluminación solar. Otra alternativa podría ser el testado de la viabilidad del uso de protectores con los que combinar el efecto de defensa y de sombreo inicial. Dado que han de ser de gran longitud (1,3-1,5 m) y deben permanecer hasta que la planta tenga una altura que la deje fuera del alcance de los cérvidos, su eficacia desde el punto de vista lumínico, requiere cierta particularidad en su diseño. Así, podría tratarse de un dispositivo

mixto, cuya parte inferior (<50 cm) fuera de superficie continua, para procurar sombra al brinzal durante los dos o tres primeros años, y la parte superior de una malla cinegética que dejara pasar el máximo de luz. Por último, en zonas sin riesgo de ramoneo, cabría plantear la introducción del tejo bajo la cubierta de poblaciones cuya diversificación se pretende, planeando klareos o entresacas selectivos en años posteriores a la plantación, que pongan en luz o bajo sombra residual a los tejos ya asentados. Este tipo de actuación requerirá especial cuidado en su ejecución para evitar posibles daños por apeo y desembosque. Así mismo, sería preciso evaluar el efecto que supone para el tejo un paso demasiado drástico de condiciones de sombra a otras nuevas de luz (PERRIN & MITCHELL, 2013).

La plantación de tejo en niveles lumínicos intermedios es una opción recomendada por varios autores (ISZKUŁO 2010; PERRIN & MITCHELL 2013), variando el valor óptimo entre 8 y 30% de PPFD. También ha sido demostrada como ventajosa en la costa oeste norteamericana, donde se ha procedido a la apertura del dosel de poblaciones densas de *Pseudotsuga menziesii* para plantar bajo una cubierta ligera diversas especies de coníferas (MAAS-HEBNER *ET AL.* 2005; CHAN *ET AL.* 2006). Se han reseñado resultados de supervivencia más bajos cuando tal tipo de actuación se ejecutó en zonas más secas de la cadena costera (BRANDEIS *ET AL.* 2001). En nuestro caso, a pesar de las expectativas, los resultados obtenidos obligan a ser cautos y recomendar su aplicación con tejo sólo en aquellas zonas en que se tenga certeza de la no existencia de factores limitantes de consideración, tales como una escasa disponibilidad hídrica en el suelo durante el verano o un importante riesgo de heladas severas y prolongadas.

La plantación bajo la sombra del dosel arbóreo y posterior apertura del mismo, con objeto de maximizar la supervivencia y el crecimiento, conlleva el coste adicional de los klareos o claras a realizar. Tal consideración económica y de oportunidad debe tenerse en cuenta frente a la alternativa de un crecimiento ralentizado o de la necesidad de abordar una previsible reposición de marras si la plantación es en condiciones de fuerte iluminación. En tal sentido, una baza a favor de la actuación silvícola posterior es su alcance limitado, pues las plantaciones con tejo suelen ser reducidas en cuanto a efectivos y de baja densidad, realizándose preferentemente por golpes, localizados en las situaciones más favorables (NAVARRO *ET AL.* 2013).

A modo de conclusión, podríamos indicar, que brinzales de tejo cultivados en contenedor de unos 300 cm³ durante 2 años, con un suficiente abonado de base en forma de sustrato fertilizado y un régimen de fertilización con dosis de N durante el primer y segundo año del orden de 140 y 170 mg planta⁻¹ respectivamente, podrían ser introducidos en zonas de montaña mediterránea bajo condiciones iniciales de sombra. Tal protección transitoria podrá obtenerse mediante especies nodriza, protectores

adecuados o el dosel arbóreo existente, en cuyo caso se planeará la apertura de claros a posteriori, a fin de permitir un rápido desarrollo de las plantas una vez asentadas.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a Enrique Sastre su generosa colaboración en los trabajos de campo y a Javier Donés, Director del Centro de Montes de Valsain (OAPN - MAGRAMA), por las facilidades prestadas para el establecimiento y control de las parcelas de estudio.

BIBLIOGRAFÍA

BRZEZIECKI, B, KIENAST F. (1994) Classifying the life-history strategies of trees on the basis of the Grimean model. *For. Ecol. Manage.* 69:167–187.

GARCÍA, D. OBESO, J.R. (2003). Facilitation by herbivore mediated nurse plants in a threatened tree, *Taxus baccata*: local effects and landscape level consistency. *Ecography* 26: 739–750.

GARCÍA X. (2007). Conservación del tejo (*Taxus baccata* L.) en España. En Serra L. (ed.). El tejo en el Mediterráneo Occidental. Jornadas Internacionales sobre el tejo y las tejeras en el Mediterráneo Occidental. Ministerio de Medio Ambiente. Generalitat Valenciana. Conselleria de Territori i Habitatge. CAM. pp. 141-152.

ISZKUŁO, G. (2010). Success and failure of endangered tree species: low temperatures and low light availability affect survival and growth of European yew (*Taxus baccata* L.) seedlings. *Pol. J. Ecol.* 58: 259–271.

ISZKUŁO, G. BORATYŃSKI A. (2004). Interaction between canopy tree species and European yew *Taxus baccata* (*Taxaceae*). *Pol. J. Ecol.* 52: 501–509.

ISZKUŁO G, BORATYŃSKI A. (2006). Analysis of the relationship between photosynthetic photon flux density and natural *Taxus baccata* seedlings occurrence. *Acta Oecol* 29:78–84

ISZKUŁO, G., LEWANDOWSKI A., JASIŃSKA A.K., DERING M. (2007). Light limitation of growth in 10-year-old seedlings of *Taxus baccata* L. (European yew). *Pol. J. Ecol.* 55: 827–831.

ISZKUŁO G., DIDUKH Y., GIERTYCH M., JASIŃSKA A.K., SOBIERAJSKA, K. SZMYT, J. (2012). Weak competitive ability may explain decline of *Taxus baccata*. *Ann. Forest Sci.* 69: 705–712.

KHATAMIAN, H. LUMIS G.P. (1982). Influence of shade, media and fertility on growth of *Taxus*. *J. Arboric.* 8(9): 247-249.

LINARES, J.C. (2012). Shifting limiting factors for population dynamics and conservation status of the endangered English yew (*Taxus baccata* L., *Taxaceae*). *Forest Ecol. Manag.* 291: 119-127.

LIS-KRZYŚCIN, A. (2010). Vitrofosmak glassy fertilizer in the fertilization of nursery-cultivated yew and ninebark. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 9(4) 2010, 33-40

NAVARRO, R.M., VILLAR-SALVADOR, P. & DEL CAMPO, A. (2006). Morfología y establecimiento de los plantones. En: Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos. Estado actual de conocimientos. Cortina J., Peñuelas J.L., Puértolas J., Savé R., Vilagrosa A. (Coords.), OAPN. Serie Forestal pp. 67-88.

NAVARRO, R.M. AGUILERA S., GIL, M., LÓPEZ J. & PULIDO, A. (2008). Edit. Ceder Axarquía. Programa de recuperación del tejo (*Taxus baccata* L.) en las Sierra Tejeda y Aljara (Málaga-Granada). En: 10 años de estudio sobre *Taxus baccata* (tejo) y la Sierra Tejeda. pp. 38-52.

NAVARRO, R.M., PLAZA L., SÁNCHEZ, A., MALLOFRET, E., ARROYO, M., MARCHAL, LARA M.A. (2013). *Taxus baccata* L. En: Producción y manejo de semillas y plantas forestales. Tomo II. Pemán J., Navarro-Cerrillo R.M., Nicolás J.L., Prada M.A., Serrada R. (Coords.), OAPN. Serie Forestal pp: 501-523.

OLIET, J., PLANELLES R., ARTERO, F., VALVERDE, R., JACOBS D.F. SEGURA, M (2009). Field performance of *Pinus halepensis* planted in Mediterranean arid conditions: relative influence of seedling morphology and mineral nutrition. *New For.* 37: 313-331.

ORIA DE RUEDA, J.A. (1997). Tejedas. El bosque milenario. *Biológica*. Mayo: 52-60.

PERRIN P.M. & MITCHELL F.J.G. (2013). Effects of shade on growth, biomass allocation and leaf morphology in European yew (*Taxus baccata* L.). *Eur. J. For. Res.* 132: 211-218.

PUÉRTOLAS J., GIL, L. & PARDOS J.A. (2003). Effects of nutritional status and seedling size on field performance of *Pinus halepensis* planted on former arable land in the Mediterranean basin. *Forestry* 76: 159-168.

PUÉRTOLAS, J., JACOBS D.F., BENITO L.F., PEÑUELAS, J.L. (2012). Cost-benefit analysis of different container capacities and fertilization regimes in *Pinus* stock-type production for forest restoration in dry Mediterranean areas. *Ecol. Eng.* 44: 210-215.

SANZ R., PULIDO F., NOGUÉS-BRAVO D. (2009). Predicting mechanisms across scales: amplified effects of abiotic constraints on the recruitment of yew *Taxus baccata*. *Ecography*, 32: 993-1000.

SUSZKA B. (1985). Conditions for after-ripening and germination of seeds and for seedlings emergence of English yew (*Taxus baccata* L.). *Arbor. Kórnickie*, 30: 285-338.

THOMAS P. (2010). Response of *Taxus baccata* to environmental factors. En: II Jornades sobre el teix a la Mediterrània occidental. *Annals de la Delegació de La Garrotxa de la Institució Catalana d'Història Natural*. Vol. 4: 5-10

THOMAS, P.A. & POLWART A., (2003). *Taxus baccata* L. *Biological Flora of the British Isles* 229. *J. Ecol.* 91: 489-524.

VAN DEN DRIESCHE R. (1991). Influence of container nursery regimes on drought resistance of seedlings following planting. I. Survival and growth. *Can. J. For. Res.* 21: 555-565.

VILLAR-SALVADOR P., PLANELLES R. ENRÍQUEZ E., PEÑUELAS J.L., (2004). Nursery cultivation regimes, plant functional attributes, and field performance relationships in the Mediterranean oak *Quercus ilex* L. *For Ecol Man* 196: 257-266.

VILLAR-SALVADOR P., PUÉRTOLAS J., PEÑUELAS J.L., PLANELLES R. (2005). Effect of nitrogen fertilization in the nursery on the drought and frost resistance of Mediterranean forest species. *For. Syst. (formerly Inv. Agrarias: Sist. Rec. For.)* 14: 408-418.

VILLAR-SALVADOR P., PUÉRTOLAS J., CUESTA B., PEÑUELAS J.L., USCOLA, M. HEREDIA-GUERRERO N., REY BENAYAS, J.M. (2012). Increase in size and nitrogen concentration enhances seedling survival in Mediterranean plantations. Insights from an ecophysiological conceptual model of plant survival. *New For.* 43: 755-770.

El tejo en internet. El ecoturismo amenaza numerosas poblaciones de tejos silvestres

FAUSTINO GONZÁLEZ DE DIOS

Asociación Amigos del Tejo y de las Tejedas AATT (Madrid)

RESUMEN

Este trabajo analiza el auge que ha tenido en España la información relativa al tejo (*Taxus baccata*), volcada en Internet en los últimos años.

La enorme cantidad de datos existentes refleja, por una parte, el gran interés vigente hacia este árbol tan singular, y por otra, nos indica que ha habido un aumento desproporcionado del número de visitantes a los ejemplares de tejos centenarios y a las tejedas más importantes que sobreviven. En la presente ponencia se plantea el problema y se discute hacia donde nos conduce.

ABSTRACT

This presentation analyses the increase of information uploaded on Internet about *Taxus baccata* in Spain. The large amount of data found on the Web reflects the great interest on this tree, but also we tries to clarify what is happening regarding the disproportionate increase in the number of visitors to singular yews and main yew forests. And where this phenomenon is taking us.

PALABRAS CLAVE

Tejo, *Taxus baccata*, internet, conservación, ecoturismo, turismo de naturaleza, presión humana, tejos singulares, tejedas.

INTRODUCCIÓN

Internet se ha convertido sin ninguna duda en la principal fuente de información y comunicación de toda la historia de la humanidad, con un total estimado de tres mil millones de usuarios para finales de este año 2014. El universo digital se está duplicando cada dos años y se multiplicará por diez entre 2013 y 2020, pasando de 4,4 millones de millones de gigabytes hasta 44 millones de millones de gigabytes, todo ello impulsado en parte por el llamado Internet de las Cosas. Estas son algunas de las conclusiones que recoge el informe anual *Las Oportunidades del Universo Digital: los 'Rich Data' y el creciente valor del Internet de las Cosas* (EMC, IDC), que además desvela cómo la

aparición de las tecnologías inalámbricas, los productos inteligentes y las empresas definidas por software, están incrementando el volumen mundial de datos.

El número de dispositivos u objetos que pueden ser conectados a Internet se está acercando a los 200.000 millones, de los que el 7% ya están conectados y se comunican a través de Internet. Los datos obtenidos a través de ellos representan el 2% de los datos mundiales. IDC considera que vistos los datos, para el año 2020, el número de objetos conectados alcanzará los 32.000 millones, es decir, el 10% de los datos de todo el mundo. Todos estos datos hablan por sí solos de el avance imparable y exponencial de la denominada Red de Redes, pasando a ser un medio generalizado y abierto para todos, y una herramienta imprescindible para buscar todo tipo de información de manera rápida y sencilla. Hablando sólo de España, hay que decir que en el tercer trimestre del 2013 el 69,6% de los hogares españoles tenía Internet y accedían diariamente un 75% de los usuarios.

OBJETIVO Y METODOLOGÍA

El trabajo propuesto ha sido hacer un estudio de la incidencia de la información sobre el tejo, utilizando exclusivamente como herramienta Internet. A partir de los datos obtenidos en el mayor número de páginas webs posibles consultadas, damos una visión general del tejo en la Web y la correlación del número de visitas en los hábitats del tejo y su conservación.

El problema que nos hemos encontrado, como en casi cualquier otra materia buscada en la Web, es la sobrecarga de información. Ocurre que la multitud de datos es tal que la noticia relevante queda enmascarada por este exceso. El método utilizado ha sido del nivel de usuario básico, utilizando como navegador Google y a partir de aquí, accediendo a todo tipo de webs. Hemos navegado por el mundo digital en busca del mayor número de datos posibles sobre la especie, encontrando todo tipo de artículos, libros, imágenes, rutas, mapas y videos.

RESULTADOS

LA TOPONIMIA DEL TEJO EN INTERNET

Nuestro trabajo en Internet comenzó analizando los fitotopónimos del tejo en la Red, lo cual nos llevó a las búsquedas iniciales que derivaron en el análisis de la información enfocada hacia las amenazas a la especie por el exceso de visitas. Internet es una herramienta muy eficaz para estudios de toponimia, con programas de cartografía y ortofotos por todos conocidos, como *IBERPIX2* (Instituto Geográfico Nacional) o *SIGPAC* (Sistema de Información Geográfico de Parcelas. MAGRAMA).

Se pueden localizar fitotopónimos en planos de escala 1:50.000 y 1:25.000 y analizar la presencia real o ausencia de la especie, en este caso el tejo. Así hicimos un barrido con los siguientes criterios:

- Topónimos sin presencia
- Topónimos con posible presencia
- Topónimo con alta probabilidad de presencia
- Presencia actual
- Otros: Topónimos ambiguos o dudosos

Gracias a la toponimia podemos saber de zonas donde estuvo el tejo en el pasado que podrían ser factibles para una posible recuperación de la especie. Además podemos calcular por analogía la densidad de topónimos de la especie con respecto a otra provincia o comunidad autónoma. Hemos estudiado hasta el momento 3 provincias, que mostramos como ejemplo. Se puede ver en la tabla 1 que según este criterio, hay una extraordinaria densidad de localizaciones de topónimos en Asturias, probablemente uno de los territorios con mayor número de tejos, tanto silvestres como cultivados o de culto.

	Topónimos	Km2	Densidad/100 Km2
Asturias	368	10.603	3,47
Cantabria	113	5.321	2,12
Segovia	71	6.920	1,02

Tabla 1: Relación de topónimos alusivos a tejo recogidos en la cartografía y/o ortofotos volcados en Internet, para tres provincias españolas

LA INFORMACIÓN RELATIVA AL TEJO EN INTERNET

Es difícil dar una cifra de las *website* que alojan esta información, pues al poner en el buscador la palabra “tejo” salen miles de resultados y muchas webs se repiten, pero haciendo un cálculo medio aproximado podemos hablar de un número de páginas superior a 20.000. Hemos clasificado la información obtenida en los

siguientes cinco ámbitos:

• 1. Libros de Jornadas y Congresos

Son pocos los textos completos publicados que tengan acceso libre en La Red, obras colectivas que nos dan una amplia información y conocimiento de la especie:

- 10 Años de estudio sobre *Taxus baccata* (Tejo) y la Sierra de Tejeda
- Jornadas sobre Gestión y Conservación de Tejos y otros Árboles Históricos.
- El Tejo en el Mediterráneo Occidental (Jornadas Internacionales sobre el tejo y las tejeras en el Mediterráneo Occidental).
- II Jornadas sobre el tejo en la Mediterránea Occidental
- III Jornadas Internacionales sobre el Tejo (*Taxus baccata* L.)

• 2. Artículos científicos

Hay más de un centenar de reseñas con trabajos sueltos en revistas especializadas, que se refieren al tejo o a alguno de los aspectos relacionados con el mismo, ya sea de:

- Distribución del tejo en provincias, comunidades autónomas, espacios naturales.
- Citas sobre árboles singulares.
- Gestión y Conservación.
- Planes de manejo del tejo.
- Los taxanos, sus propiedades y su uso medicinal.

En menor medida hay algunos documentos sobre:

- Bancos clonales y recursos genéticos.
- Toponimia.
- Paleobotánica del tejo.
- Regeneración y regresión.
- El tejo como especie amenazada o vulnerable

Hay además colgado un original artículo sobre agallas y coccidos (cochinillas) del tejo en España y una noticia sobre la presencia del liquen *Letharia vulpina* encontrado en tejo por investigadores de la Universidad de La Rioja.

• 3. Artículos y noticias generales de divulgación

Hay gran cantidad de páginas webs que hablan de manera general y divulgativa sobre el tejo. Miles de artículos y fichas aproximan al lector de una manera sencilla a un conocimiento general, descripción botánica de la especie, distribución, hábitat, estado de conservación, usos, utilidades, tradiciones, aplicaciones, etc.; con una gran heterogeneidad. Algunas de las webs son reclamos de publicidad de empresas turísticas, hoteles, ayuntamientos, organismos locales y regionales, indicando localizaciones cercanas de tejos e

invitando a su visita.

Del enorme número de webs con artículos, blogs, etc., llaman poderosamente la atención algunas por su calidad:

- Amorteira.org
- Arbolesviejos.org
- Geopercepción.com
- Memoriadelbosque.blogspot.com
- Monumental-trees.com

• 4. Imágenes, fotos, mapas, rutas o similar

La mayoría de las imágenes o mapas, descripción de rutas de senderismo o similar, se localizan en blogs particulares y programas específicos de divulgación

como *Panoramio* (fotos geolocalizadas) o *Wikiloc* (Rutas georeferenciadas). Pueden verse miles de fotos de todo tipo colgadas en Internet, abundan sobre todo instantáneas de tejos notables y bosquetes de tejos monumentales, con un número enorme de imágenes de los lugares más emblemáticos de tejos en nuestro país, casi todos ellos difundidos ampliamente en La Red. Igualmente aparecen infinidad de fotos de tejos de culto (cultivados junto a ermitas, iglesias o cementerios) tanto nacionales como de otros países europeos y atlánticos. Otras muchas citas e imágenes aluden a tejos aislados en enclaves poco frecuentados y alejados.

También hay un gran cantidad de mapas de rutas (*Google Earth* o *Wikiloc*) que indican el sitio exacto donde se encuentra el tejo o la tejeda referido, con coordenadas referenciadas.



Figura 1: Captura de pantalla de Internet para ilustrar como ejemplo el tipo de imágenes que aparecen relativas a tejos centenarios y su localización. No hemos citado la fuente porque nuestro objetivo en este caso es ilustrar la diversidad de información existente y de lo más variada.

• 5. Audio y videos

Son pocos los videos de esta temática que aloja internet en *You Tube*, están dedicados a algunos tejos emblemáticos y a las tejedas monumentales. Cabe destacar un video de la BBC titulado *La magia del tejo*. También aparecen videos sobre el arte del bonsái y la talla artesanal de la madera de tejo. En el plano de rutas de acceso con mensaje altamente negativo, destaca un video titulado

MTB-ENDURO 'Tejeda de Tosande' con música de ACDC, que muestra a un ciclista saltándose a la torera todas las vallas y normas en este espacio protegido acondicionado para la visita.

En audio podemos oír los programas recientes de El bosque habitado (RNE, Radio 3 o radio a la carta) dedicados al tejo. En música hay una preciosa canción de *Battlefield Band* dedicada al tejo, *The Yew Tree*.

DISCUSIÓN

ANÁLISIS DE LAS CITAS DE LOCALIZACIÓN DE TEJOS

Entendemos por cita el lugar donde se encuentra tanto un tejo como un grupo de tejos, hemos logrado registrar, a partir de Internet, centenares de localizaciones en todo el territorio nacional. Como resultado de las búsquedas anteriores poseemos una importante base de datos de localización de citas allí vertidas. Un número grande de enclaves de elevado interés por su biodiversidad y grado de conservación (hasta ahora), que pensamos puede verse afectado en el futuro (ya lo están de hecho) a causa de un gran aumento de visitas tanto de particulares como de grupos numerosos.

Muchas de las informaciones existentes incurrir en errores graves de localización y en corrientes calificativos repetitivos ...*El tejo más viejo...El tejo más grande... La mayor tejeda...El mayor número de pies*, etc.

Como muestra hemos registrado los datos precisos del aumento de las citas de tejos en Internet desde Agosto del 2011 a Agosto de 2014, lo que nos indica el gran crecimiento de la información sobre localizaciones. Véase abajo tabla 2.

Tabla 2: Aumento de referencias con citas de tejo en Internet desde 2011 a 2014

	Año 2011	Año 2014	Crecimiento proporcional
Andalucía	18	42	133%
Aragón	9	18	100%
Asturias	15	52	246%
Baleares	1	2	100%
Cantabria	6	14	133%
Castilla-La Mancha	12	32	166%
Castilla y León	28	99	253%
Cataluña	13	30	130%
Comunidad Valenciana	6	16	166%
Extremadura	6	6	0%
Galicia	4	7	75%
La Rioja	4	8	100%
Comunidad Madrid	4	8	100%
Navarra	3	7	133%
País Vasco	8	17	112%
Totales	137	358	161%

Las nuevas referencias, con indicarnos un aumento de presión humana por visitas, también pueden ser utilizadas

en algunos casos de forma comparativa, para analizar la degradación de alguna tejeda o localidad con tejos, su recuperación favorable, pérdida de ejemplares, tala, herbivoría, regeneración, incendios forestales u otros.

PRESIÓN HUMANA

Es evidente lo que está produciendo este aluvión de información de localizaciones y visitas a los tejos más notables. La repetición de imágenes es una constante que va creciendo sin parar al paso de los años. Grupos de personas, algunos muy numerosos, cuelgan fotos y datos precisos de su salida a un espacio natural, indicando casi siempre la ruta realizada en páginas *webs*, *blogs*, *wikiloc*, *panoramio*, etc. A la vez que se indican con toda precisión las coordenadas *GPS* (u otras) y las aplicaciones tipo *Googlemaps*, *Oruxmaps* o *Runtastic* para realizarlas.

Hay una serie de tejos y tejedas singulares que reciben notoriamente mayor atención, moda que en cascada va pasando de unas tejedas singulares a otras. Hoy en día, muchos de los más importantes tejos de nuestro país tienen cientos de referencias para ser visitados.

Se pueden observar allí cientos de imágenes de grupos al pie del árbol o incluso subidos en sus ramas o pisoteando el suelo. Igualmente podemos ver fotos de ciclistas de montaña o BTT junto a grandes tejos y en viejas tejedas con su bici. Es inaceptable la presencia de estos medios mecánicos tipo *mountain bike* en estos enclaves. Pensemos que 10 bicis pueden erosionar más que una motocicleta, el acceso a los senderos (no confundir con pistas forestales) por parte de los ciclistas comporta un deterioro alarmante de los mismos. La utilización de sendas está de moda y además “es lo que mola” en el ambiente cicloturista. Y si nos hay sendero se crea. Es muy notable la proliferación de senderos anárquicos e improvisados, en lugares donde no había ningún indicio de los mismos.

Han aparecido nuevas actividades que también se desarrollan en espacios protegidos, como el *trail-running* o carrera de montaña, *geocaching* o búsqueda de tesoros, o el realizar altares u ofrendas y depositar cenizas de difuntos en estos lugares considerados especiales o sagrados, que incrementan la fuerte presión que están recibiendo estos lugares.

No pretendemos desaprobamos acciones pero claramente hay espacios que por su singularidad deberían de gestionarse con un mayor grado de custodia. No hay ninguna necesidad de volcar en la red global las emociones sentidas por uno mismo en la naturaleza, ni siquiera contárselo a amigos no muy cercanos. Esto sólo perjudica a la naturaleza.



Figura 2.- Collage de fotos tomadas de internet, como muestra para ilustrar las ideas expresadas en esta ponencia. No se citan las fuentes por considerar que es sólo un ejemplo indicativo gráfico sin más objetivo.

Velar por mantener los recursos naturales y la biodiversidad está en contradicción con la conversión de algunas de las grandes tejedas o tejos monumentales en parques temáticos, con abundante cartelera, miradores, aparcamientos, jardín de especies autóctonas, centro de interpretación, exposiciones y gran cantidad de información, que lleva al visitante senderista o ecoturista a sentirse más próximo al medio urbano que al rural.

La información circulante y las salidas a espacios naturales y singulares va a ir en aumento sin duda en los próximos años, potenciada por la tecnología móvil. Ante esto la educación ambiental ha de ser la única esperanza de respeto para un cambio de actitud. No hay necesidad de ir a los sitios más recónditos para sentir emociones y disfrutar de la naturaleza. No hace falta comunicar a todo el mundo lo que sientes en los viejos bosques. Hay que aprender a renunciar a visitar lugares que sean declarados reserva integral, por el bien de estos sitios, y no pasa nada, igual que renunciamos a Altamira, podemos renunciar a estos santuarios de la naturaleza. Evidentemente hay planes de gestión por parte de las distintas administraciones para seguir produciendo nuevos enclaves tipo “parques temáticos”, esto debemos evitarlo y presionar socialmente sobre ello.

Hoy en día se está gestando y está en marcha una nueva manera de gestionar las visitas a espacios naturales y la equitación de estos a los nuevos visitantes o ecoturistas. Todo esto requiere de la acomodación de las localidades cercanas para dar unos servicios de calidad que hasta ahora no disponían. Es fácil

acceder desde internet a páginas especializadas como EUROPARC-España que hablan de la Carta Europea de Turismo Sostenible y entender el interés mediático de una amplia gama de empresas dedicadas a comerciar con la naturaleza.

Cualquier espacio declarado sea grande o pequeño (microreserva o reserva integral) debería conllevar una planificación, con la elaboración de un Plan de Ordenación de los Recursos Naturales y de un Plan de Uso y Gestión. Incluso la IUCN (*Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza*) considera que los espacios naturales cumplen, no solo funciones de conservación y mantenimiento de recursos silvestres, sino también son fuente de ingresos a través del turismo verde. Pero esto no es generalizable, se debe reservar a determinados enclaves como lugares de conservación prístina de la naturaleza sin influencia humana, y en este caso deberían estar algunos reductos de tejos silvestres presentes en nuestro país.



Figura 3: Ejemplos de cartelera y adecuación, muchas veces excesiva e innecesaria en nuestro espacios protegidos y hábitats bien conservados. Eliminación de su naturalidad.

CONCLUSIONES

Es difícil sacar conclusiones de este hecho por el momento, estamos en una fase inicial de análisis y el problema es complejo. Por una parte el crecimiento de la información volcada en Internet pone de manifiesto el alto grado de interés tanto científico como social por *Taxus baccata*. Pero se trata de un arma de dos filos, pues como se dice habitualmente “la fama mata” y volcando esa información libre en internet estamos perjudicando seriamente los lugares que tanto admiramos o nos emocionan.

Algunas medidas tomadas por administraciones locales o ayuntamientos, relativas a nuevos aparcamientos controlados, cartelera indicativa o instalaciones de adecuación diversa, no parecen haber dado efecto disuasorio, sino todo lo contrario. Limitar o imposibilitar el acceso de vehículos a zonas cercanas, limitar el número de visitantes y controlar a los mismos y no dar ninguna publicidad, parece ser de momento la única medida efectiva para los enclaves más sensibles y alejados de la influencia humana.

No tenemos alternativas, pero pensamos que estas jornadas pueden ser un foro de debate muy importante para la reflexión de este tema que va a condicionar totalmente el futuro de las últimas poblaciones de los tejos y tejedas añejas que quedan, verdaderas reliquias de otros tiempos y climas del pasado.

Nos encontramos en una encrucijada donde el mundo natural y su evolución depende de un gran cúmulo de intereses y donde nadie asume la responsabilidad de una gestión acorde con un mayor grado de conocimiento y comprensión. Para que las próximas generaciones conozcan y disfruten de la naturaleza ibérica en un estado óptimo de conservación, una nueva actitud hacia ella es imprescindible.

AGRADECIMIENTOS

Quiero manifestar mi gratitud a Emilio Blanco por su revisión del texto y correcciones, y el ánimo que me ha dado en todo momento. A Antonia Caritat por su apoyo y paciencia. A mi prima Marisa González por su colaboración en la búsqueda de documentación del tejo en Cataluña. Y a todos los *Amigos del Tejo y las Tejedas* (AATT) por sus consejos, ayuda y su buen hacer que tanto me aporta.

The key role of large yew trees and old yew forests in biodiversity conservation

CÉSAR-JAVIER PALACIOS

Fundación Félix Rodríguez de la Fuente, C/ Fuencarral, 138-1ª planta, 28010, Madrid (SPAIN)
arboles@felixrodriguezdelafuente.com

RESUMEN

EnArbolar: BIGTREES4LIFE, es un proyecto de comunicación de la Fundación Félix Rodríguez de la Fuente, cofinanciado por la Diputación de Valencia / IMELSA y el programa LIFE+, dedicado a la conservación de los grandes árboles y los bosques maduros de la Red Natura 2000 en España y sus áreas de influencia. La divulgación de la importancia natural, paisajística, turística y educativa de los tejos, tanto viejos ejemplares aislados como formaciones relictas, es la mejor herramienta para garantizar su protección efectiva.

ABSTRACT

EnArbolar: BIGTREES4LIFE, is a communication project of Félix Rodríguez de la Fuente Foundation, cofinanced by the Provincial Council of Valencia / IMELSA and the LIFE + program, dedicated to the preservation of large trees and mature forests of the Natura 2000 network in Spain and their areas of influence. The dissemination of the natural, scenic, tourist and educational importance of the yews, whether old relict formations or isolated specimens, is the best tool to ensure their effective protection.

KEYWORDS

Taxus baccata, LIFE+, biodiversity, dissemination, conservation, education, sustainable development

INTRODUCTION

Spanish citizens are unaware that 80% of large trees and mature forests are being lost and its consequence for biodiversity. They play an invaluable role in the preservation of numerous species of birds, plants, fungi and insects. These 'survivors' are also relevant genetic reservoirs that can contribute to the study of climate

change, whilst also enhancing Spain's biodiversity.

Their loss should be halted immediately. The Spanish Law 47/2007 of Natural Heritage and Biodiversity has declared some of these trees as Natural Monuments (most of which are included in regional catalogues). Despite this fact, old trees and forests still do not have an adequate legal protection, neither nationally nor internationally.

EnArbolar: BIGTREES4LIFE (or *EnArbolar: Grandes Árboles para la Vida*, in Spanish), a project of Fundación **Félix Rodríguez de la Fuente**, co-funded by the Diputación de Valencia / IMELSA and the EU LIFE+ Financial Instrument for the Environment, aimed at improving the conservation of big trees and mature forests in the Spanish Natura 2000 Network and other Natural Protected Areas in Spain and their area of influence, through actions that encourage sustainable tourism practices, co-responsibility and governance. All the communication actions will help to consolidate the image and visibility of Spain by offering sustainable, high-quality tourist destinations.

From 2013 to 2015 we are undertaking a series of communication and information actions to help increase awareness among the Spanish population of the importance of these trees as havens of biodiversity, witnesses of climate change, creators of landscape, motors for sustainable development of rural economies and symbols for environmental education. The project also aims to highlight the risks faced by old trees and mature forests and to stress the need to put in place effective legal measures to ensure their protection.

Large yews and old yew forests play an important key role in conserving associated biodiversity protected by these "environmental umbrellas": threatened flora, diurnal and nocturnal raptors, woodpeckers and other forest birds, bats and other mammals, saproxylic insects, fungi and lichens.

Conservation of biodiversity improves the resistance and capacity of forests to adapt to climate change as well as their resilience. Preserving old yews is the best approach to ensuring the continuity of fully functional forests and the conservation of their associated biodiversity and genetic heritage.

As live witnesses of old cultures, these remarkable yews are dwindling despite their ethnographic importance, as they are linked to a great number of stories and legends that have been conserved by oral tradition, as an important heritage of intangible cultural value. Cultural and historic yews in Carballido (Lugo), Bermiego, Santa Coloma and Abamia (Asturias), San Cristóbal de Valdeza (León), Santa Isabel de Quijas (Cantabria), Aguinalde (Bizkaia), Rascafría (Madrid), La Trapa (Mallorca) along with mature forests like Sueve (Asturias), Quesada (Jaén), Casaio (Ourense), Tosande (Palencia), Requejo de Sanabria (Zamora), Putxerri (Navarra), Bujaruelo (Huesca), Agres (Alicante), Cerezal (Cáceres), Garrotxa (Girona) are famous examples.

COMMUNICATION AND INFORMATION ACTIONS

The project envisages several actions, including the production of documentaries, micro documentaries, information pieces and spots for broadcasting on public and private TV; organizing an International Scientific Congress, two Technical Symposiums on “Old and Notable Trees, Tourism and Media” and several meetings and workshops; publishing a series of Technical Reports with local, personalized data for each Autonomous Area in Spain including information about biodiversity, legislation and conservation frameworks for these trees; a travelling exhibition to be shown in major Spanish cities; sending information about legal instruments to protect this natural heritage to all local, provincial and regional authorities in Spain; creation of a specific website and geolocation tools to share information about old trees that can be safely visited, including an application for smartphones and tablets offering data cards, routes and itineraries; a teaching Unit to be shared with all Secondary Education centers in Spain.

All of the above activities will be communicated through the project website [www.enarbolar.com] and social media.

REFERENCES

- ABELLA, I. (2009). *La Cultura del Tejo*. La Editorial de Urueña, Santander.
- CORTÉS, S.; VASCO, F. & BLANCO, E. (2000). *El libro del tejo (Taxus baccata L.): un proyecto para su conservación*. ARBA, Madrid.
- PALACIOS, C.J. (2012). *Tejos: Grandes árboles para la vida*. In: Patrimonio secreto. Cultura y Biodiversidad del Tejo en la Cuenca del Sil. (FERNÁNDEZ-MANSO, A., MARTÍNEZ, C. & NESPRAL, A, eds.), pp.194-197. Asociación A Morteira, León.
- PALACIOS, C.J. y TRUJILLO D. (2009). *Memorias de la Tierra. Árboles y arboledas singulares de Canarias*. Gobierno de Canarias, Santa Cruz de Tenerife.
- PALACIOS, C.J. (2004). *Guía de los árboles singulares de España*. Editorial Blume, Barcelona.
- PALACIOS, C.J. (2002). *Árboles singulares de Burgos: Historias, leyendas y tradiciones populares*. Editorial Berceo, Burgos.
- PALACIOS, C.J. (2001). Historias y leyendas en torno a los árboles singulares de la provincia de Burgos. In: Estudios de Etnología en Castilla y León [1992-1999], pp. 311-319. Junta de Castilla y León, Valladolid.
- PALACIOS, C.J. (2000). *A la sombra del árbol*. In: *La Naturaleza*. Tradiciones del entorno vegetal (CARRIL, A., ed.), pp. 55-78. Centro de Cultura Tradicional, Diputación provincial de Salamanca, Salamanca.
- VAQUERO, J. & IGLESIAS, S. (2006). *Conservación del tejo (Taxus baccata L.) en España*. In: El Tejo en el Mediterráneo Occidental. (SERRA, L. ed.) Generalitat Valenciana, CAM & Ministerio de Medio Ambiente, Alcoi.

Conservación directa del hábitat prioritario 9580 (Bosques mediterráneos de *Taxus baccata*) en la Red Natura 2000 de la Comunidad Valenciana

XAVIER GARCIA-MARTÍ^{1,2}, P. PABLO FERRER-GALLEGU^{1,2}, INMACULADA FERRANDO^{1,2}, JOSEP E. OLTRA^{1,2}, EMILIO LAGUNA¹

¹Generalitat Valenciana, Servicio de Vida Silvestre. Centro para la Investigación y Experimentación Forestal (CIEF). Avda. Comarques del País Valencià 114, 46930, Quart de Poblet, Valencia (España)

²VAERSA. C/ Mariano Cuber, 17, 46011, Valencia (España)
flora.cief@gva.es

RESUMEN

En la Comunidad Valenciana, el *Taxus baccata* está catalogada como especie “Vigilada” según la Orden 6/2013, de 25 de marzo, de la Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente. Esta situación de amenaza es motivo de una serie de trabajos en materia de conservación para mejorar el estado de algunas de sus poblaciones más marginales y, en conjunto, para preservar el hábitat prioritario 9580 dentro de espacios LIC (Lugares de Importancia Comunitaria) de la Red Natura 2000 de la Comunidad Valenciana. Las actividades se inscriben dentro del método de trabajo que viene desarrollando el Centro para la Investigación y Experimentación Forestal de la Generalitat Valenciana, basado en el modelo de conservación cíclico in situ-ex situ-in situ. Se han trabajado 17 poblaciones, 10 en la provincia de Valencia, 6 en Alicante y 1 en Castellón. El número de ejemplares introducidos es 537, repartidos en 391 en Valencia, 128 en Alicante y 18 en Castellón. En total se ha trabajado en 5 LIC en Valencia, con 323 ejemplares plantados, 118 en Alicante en 2 LIC y 18 en Castellón en 1 LIC. Asimismo, se ha trabajado en 6 microreservas de flora en Valencia con la introducción de 135 tejos, 3 en Alicante con 79 tejos y 1 en Castellón con 18 tejos plantados.

PALABRAS CLAVE

Comunidad Valenciana, conservación, gestión, hábitat prioritario, Red Natura 2000, *Taxus baccata*.

ABSTRACT

In the Valencian Community *Taxus baccata* is listed as a species “Vigilada” (Protected) under Order 6/2013, of 25 March, of the Department of Infrastructure, Planning and Environment of the Generalitat Valenciana (seat of the Valencian Government). This situation promotes a series of actions to improve the state of conservation of some marginal populations and preserve the priority

habitat 9580 in SCI areas (Sites of Community Importance) of the Natura 2000 network. The activities being developed by the Centre for Forestry Research and Experimentation of the Generalitat Valenciana are based on the cyclic conservation model in situ-ex situ-in situ. A total of 17 populations have been worked on, 10 in Valencia province, 6 in Alicante province and 1 in Castellon province. The number of plants planted is 537, spread over 391 in Valencia, 128 in Alicante and 18 in Castellon. We have worked on 5 SCI in Valencia, with 323 specimens planted, 118 in Alicante on 2 SCI and 18 plants in Castellon on only one SCI. Also, we have worked on 6 microreserves in Valencia with 135 plants introduced; 3 in Alicante with 79 plants introduced, and 1 microreserve in Castellon with 18 plants introduced.

KEY WORDS

Valencian Community, conservation, management, priority habitats, Nature 2000 network, *Taxus baccata*.

INTRODUCCIÓN

La conservación de *Taxus baccata* L. en España cuenta con una larga trayectoria. Esta especie de gran valor biológico ha sido objeto de estudio por muchas administraciones (SERRA, 2007), principalmente desde una perspectiva de conservación in situ. En la Comunidad Valenciana, desde aproximadamente más de 15 años, esta especie, así como las propias tejedadas, han constituido un objetivo prioritario de conservación, tanto desde un enfoque de conservación pasiva (declaración de áreas protegidas, microreservas, inclusión dentro de leyes autonómicas), como activa (censo y caracterización de poblaciones, recolección y manejo de germoplasma, plantaciones, etc.).

En la actualidad, en la Comunidad Valenciana esta especie está catalogada como “Especie vigilada” dentro del anexo III del Decreto 70/2009, de 22 de mayo, del Consell, y en la Orden 6/2013, de 25 de marzo, de la Conselleria

de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente, por el que se crea y regula el Catálogo Valenciano de Especies de Flora Amenazadas y se regulan medidas adicionales de conservación (AGUILELLA *et al.*, 2009). Desde el punto de vista de su presencia en el territorio valenciano, el *T. baccata* cuenta con dos grandes áreas de distribución, una castellanense (interior de Castellón y comarca del Rincón de Ademuz) a la que también se relacionan las relictas tejadas del interior de la provincia de Valencia, y el territorio alcoyano-diádico-saforense (cuadrante nororiental de la provincia de Alicante) (LAGUNA *et al.*, 2003; ANDRÉS *et al.*, 2005).

Algunos trabajos previos de gran importancia realizados anteriormente con el tejo fueron desarrollados dentro del proyecto LIFE “Gestión y valoración de tres hábitats de alta montaña en la Comunidad Valenciana” (LIFE03 NAT/E000064) durante tres años (2004-2006) (ARREGUI, 2005; SERRA, 2007). Gracias a este proyecto, el estudio de esta especie en el territorio valenciano experimentó un gran impulso, pues además de los análisis demográficos de las poblaciones y los consiguientes refuerzos poblacionales se realizó una fuerte campaña de difusión y educación ambiental relacionada con la conservación y el conocimiento de este hábitat en general y de la especie en particular.

Así, gracias a la inversión de recursos realizada hace unos años por el Centro para la Investigación y Experimentación Forestal (CIEF), el programa específico de conservación ex situ de germoplasma de esta especie ha permitido obtener una gran cantidad de material vegetal de reproducción y, en consecuencia, de planta para poder realizar diferentes trabajos de restitución en el medio natural, los cuales se han ejecutado generalmente durante los últimos cinco años.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los trabajos de restitución se han realizado a partir del manejo previo ex situ del germoplasma de procedencia local. La recolección de semillas y esquejes se destina, por un lado, a la conservación ex situ a corto y largo plazo y, por otro lado, a la producción de planta en vivero (ver figura 1). Esta última, con dos finalidades: abastecer y renovar las colecciones de planta viva mantenidas en condiciones ex situ y casi ex situ, lo que permite una multiplicación del material vegetal de reproducción, y por otra parte, llevar a cabo los trabajos de restitución en el medio natural.

La conservación de germoplasma y la producción de planta se desarrollaron en las instalaciones del Centro para la Investigación y Experimentación (CIEF) de la Generalitat Valenciana. Los trabajos de plantación y seguimiento los llevaron a cabo los equipos de este centro, repartidos entre el Banc de Llavors Forestals y el Servicio de Vida Silvestre de la Generalitat Valenciana.

El conjunto de las plantaciones realizadas se pueden incluir en dos líneas básicas de trabajo:

1. Incremento del número de ejemplares en poblaciones situadas dentro de microreservas de flora.
2. Plantaciones realizadas dentro de espacios de la Red Natura 2000 en el hábitat 9580 (Bosques mediterráneos de *Taxus baccata*), registrado en el anexo IV del Decreto 70/2009, según la metodología propuesta para la creación de núcleos de dispersión-reclamo en el marco de la restauración ecológica forestal (GARCÍA-MARTÍ *et al.*, 2012).



Figura 1. Tipo de contenedor utilizado en la producción de tejo y aspecto de la planta que ha sido introducida en campo (2-4 savias) (izquierda). Tipo de protector metálico utilizado en las plantaciones (derecha).



Figura 2. Plantación de tejos y otras especies acompañantes de las tejedas en el LIC Aitana, Serrella y Puigcampana, con área de actuación inscrita dentro de la MRF Pico del Puigcampana (Alicante) (arriba); y trabajos silvícolas previos para la adecuación del terreno y de la masa forestal para la plantación de tejo en el Parque Natural de Chera-Sot de Chera (Valencia) (LIC Sierra del Negrete) (abajo).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total, han sido objeto de trabajo 17 poblaciones de tejo, 10 en la provincia de Valencia, 6 en Alicante y 1 en Castellón. El número de ejemplares introducidos es 537, repartidos en 391 en la provincia de Valencia, 128 en Alicante y 18 en Castellón (tablas 1 y 2). Los porcentajes de supervivencia son superiores al 75 % en todos los casos, aunque hemos constatado la importancia de los aportes suplementarios de agua mediante riegos de apoyo durante las dos primeras anualidades. El espacio natural protegido donde se han realizado un mayor número de plantaciones es el Parque Natural de Chera-Sot de Chera, con 228 ejemplares introducidos, a los que se suman los plantados en las microreservas de flora La Puerca, con 18 tejos y Pico Ropé, con 28 (ambos incluidos dentro de los límites del parque). En la provincia de Alicante, el mayor número de ejemplares se ha plantado en el Paisaje Protegido

del Puigcampana y el Ponotx, con un total de 44 tejos, a los que también hay que sumar los 18 individuos de la microreserva de flora del Pico del Puigcampana, que se localiza dentro de los límites de dicho espacio. En la provincia de Castellón, se han plantado 18 ejemplares en la microreserva del Barranc dels Horts (tablas 1 y 2).

Atendiendo al número de plantas introducidas en los diferentes espacios naturales, respecto a los lugares de importancia comunitaria (LIC) de la Red Natura 2000 dentro de la Comunidad Valenciana, se ha trabajado en 5 LIC en la provincia de Valencia, con 323 ejemplares plantados, seguido de Alicante, con 118 ejemplares plantados en 2 LIC, y Castellón con 18 tejos en el LIC L'Alt Maestrat. En el LIC Sierra del Negrete (Valencia) se han plantado 256 tejos, siendo este espacio donde mayor número de plantas se han introducido, seguido de los 77 tejos introducidos en el

LIC Aitana, Serrella y Puigcampana (Alicante) y los 41 tejos plantados en el LIC Serres de Mariola i Carrascar de la Font Roja (Alicante) (tabla 3). Respecto a las microreservas de flora, en Valencia se han plantado en un total de 6, y en suma 135 tejos; 79 ejemplares en Alicante en 3 microreservas, y en Castellón 18 tejos, en la microreserva de flora del Barranc dels Horts (tabla 4).

En algunos enclaves concretos de la provincia de Valencia y Alicante, los trabajos de restitución se han desarrollado según el modelo de restauración ecológico-forestal por el que se crearon núcleos de dispersión y reclamo para la atracción de fauna dispersora, en los que las acciones de restauración

de la especie vegetal objeto de trabajo incluyen, además, la mejora del hábitat asociado mediante la introducción de un elenco de especies con funciones sinecológicas facilitadoras propias del hábitat del tejo en áreas mediterráneas (GARCÍA-MARTÍ *et al.*, 2012).

Tras más de 15 años de experiencia en la restauración de las tejedas mediterráneas, consideramos que este método es mucho más eficiente para la instalación de los ejemplares de tejo implantados en el campo, ya que aumenta la probabilidad de supervivencia de las plantas, así como la dispersión de diásporas y el reclutamiento de nuevos ejemplares.

Localidad (provincia)	Red Natura 200	Ejemplares	Fecha
MRF La Puerca (V)	No LIC	18	11-3-2009
PNM Els Arcs (A)	No LIC	20	12-3-2009
MRF Pico Ropé (V)	LIC Sierra del Negrete	16	23-2-2010
Umbría de Mariola (A)	LIC Serres de Mariola i Carrascar de la Font Roja	16	9-3-2010
Mondúver (V)	LIC Serres del Mondúver i la Marxuquera	2	11-3-2010
PN Chera-Sot de Chera (V)	LIC Sierra Negrete	65	21-12-2010
PP Puigcampana y el Ponotx (A)	LIC Aitana, Serrella y Puigcampana	13	22-2-2011
MRF Barranc dels Horts (C)	LIC L'Alt Maestrat	18	23-2-2011
PN Chera-Sot de Chera (V)	LIC Sierra del Negrete	50	1-12-2011
MRF Penya de Benidadell (V)	No LIC	25	26-1-2012
MRF Umbría de la Fuente del Roser (V)	LIC Sierra de Malacara	25	30-1-2012
La Umbría (V)	LIC Sierra de Malacara	6	30-1-2012
MRF Pico Ropé (V)	LIC Sierra del Negrete	12	7-2-2012
PN Chera-Sot de Chera (V)	LIC Sierra del Negrete	5	21-2-2012
MRF Pico del Puigcampana (V)	LIC Aitana, Serrella y Puigcampana	18	22-2-2012
PN Chera-Sot de Chera (V)	LIC Sierra del Negrete	28	22-2-2012
La Safor (V)	LIC Serra de la Safor	20	27-2-2012
MRF Umbría de Peñaparda (V)	No LIC	15	29-2-2012
PN Chera-Sot de Chera (V)	LIC Sierra del Negrete	40	23-10-2012
MRF Pico del Puigcampana (A)	LIC Aitana, Serrella y Puigcampana	31	6-11-2012
PN Chera-Sot de Chera (V)	LIC Sierra del Negrete	40	27-11-2012
MRF Las Hoyuelas (V)	LIC Alto Turia	14	12-12-2012
MRF Las Hoyuelas (V)	LIC Alto Turia	10	4-2-2013
MRF Hort dels Frares-La Canal (A)	LIC Aitana, Serrella y Puigcampana	5	6-2-2013
MRF Teixera d'Agres (A)	LIC Serres de Mariola i Carrascar de la Font Roja	25	7-2-2013

Tabla 1. Número de ejemplares de tejo plantados en diferentes enclaves y espacios naturales de la Comunidad Valenciana a lo largo del tiempo. MRF (Microreserva de flora); PNM (Paraje Natural Municipal); PP (Paisaje Protegido); PN (Parque Natural); LIC (Lugar de Importancia Comunitaria); A (Alicante); C (Castellón); V (Valencia)

Provincia	Localidad	Ejemplares	Total
Valencia	MRF La Puerca	18	18
	MRF Pico Ropé	16+12	28
	Mondúver	2	2
	PN Chera-Sot de Chera	65+50+5+28+40+40	228
	MRF Penya de Benidadell	25	25
	MRF Umbría de la Fuente del Roser	25	25
	La Umbría	6	6
	La Safor	20	20
	MRF Umbría de Peñaparda	15	15
	MRF Las Hoyuelas	14+10	24
			Total 391
Alicante	PNM Els Arcs	20	20
	Umbría de Mariola	16	16
	PP PuigCampana y el Ponotx	13+31	44
	MRF Pico del PuigCampana	18	18
	MRF Hort dels Frares-La Canal	5	5
	MRF Teixera d'Agres	25	25
			Total 128
Castellón	MRF Barranc dels Horts	18	18
			Total 18
Total			537

Tabla 2. Número de ejemplares de tejo plantados para cada uno de los enclaves donde se ha trabajado. El sumatorio en el número de ejemplares indica los diferentes momentos en los que se han realizado las plantaciones (ver tabla 1).

Lugares de Importancia cComunitaria	Ejemplares	Total
Valencia		
LIC Sierra del Negrete	16+65+50+12+5+28+40+40	256
LIC Serres del Montdúver i la Marxuquera	2	2
LIC Sierra de Malacara	25+6	31
LIC Serra de la Safor	20	20
LIC Alto Turia	14	14
Total		323
Alicante		
LIC Serres de Mariola i Carrascar de la Font Roja	16+25	41
LIC Aitana, Serrella y Puigcampana	13+18+31+10+5	77
Total		118
Castellón		
LIC L'Alt Maestrat	18	18
		Total 18
Total		459

Tabla 3. Número de ejemplares de tejo plantados en los diferentes lugares de importancia comunitaria (LIC) de la Red Natura 2000 dentro de la Comunidad Valenciana. El sumatorio en el número de ejemplares indica los diferentes momentos en los que se han realizado las plantaciones (ver tabla 1).

Lugares de Importancia cComunitaria	Ejemplares	Total
Valencia		
MRF La Puerca	18	18
MRF Pico Ropé	16+12	28
MRF Peña de Benidadell	25	25
MRF Umbría de la Fuente del Roser	25	25
MRF Umbría de Peñaparda	15	15
MRF Las Hoyuelas	14+10	24
Total		135
Alicante		
MRF Pico del Puigcampana	18+31	49
MRF Hort dels Frares-La Canal	5	5
MRF Teixera d'Agres	25	25
Total		79
Castellón		
MRF del Barranc dels Horts	18	18
Total		18
Total		232

Tabla 4. Número de ejemplares de tejo plantados en las diferentes microreservas de flora dentro de la Comunidad Valenciana. El sumatorio en el número de ejemplares indica los diferentes momentos en los que se han realizado las plantaciones (ver tabla 1).

CONCLUSIONES

El estado de amenaza de algunas de las poblaciones de *Taxus baccata* en la Comunidad Valenciana aconseja la ejecución de una estrategia de conservación activa y directa sobre la especie y su hábitat. La situación de las tejedas en gran parte del territorio valenciano, sobre todo, aquellas que persisten en las sierras centrovalencianas y en el domino diádico de la provincia de Alicante, es crítica.

Los trabajos de producción e introducción de ejemplares de tejo en los diferentes enclaves valencianos ha permitido mejorar el estado de conservación del hábitat prioritario 9580 (Bosques mediterráneos de *Taxus baccata*) en la Red Natura 2000 de la Comunidad Valenciana. Estos trabajos parten de la caracterización previa de las tejedas valencianas y de la conservación de su germoplasma según un programa preciso y una estrategia de gestión que garantiza la máxima trazabilidad en las diferentes acciones realizadas, atendiendo a mitigar la fuerte fragmentación inter e intrapoblacional de gran parte de las poblaciones, así como una posible y marcada introgresión genética de estas poblaciones.

La supervivencia de los ejemplares plantados está condicionada por la selección de microambientes y trabajos silvícolas previos, entre los que cabe destacar la adecuación de la vegetación acompañante, siendo este tipo de acciones de igual relevancia que la propia introducción de nuevos ejemplares.

El porcentaje de supervivencia aumenta considerablemente si se realizan aportes suplementarios de agua mediante riegos de apoyo durante las dos primeras anualidades.

AGRADECIMIENTOS

Al personal del Centro para la Investigación y Experimentación Forestal de la Generalitat Valenciana, a brigadas del Servicio de Vida Silvestre de Castellón, Valencia y Alicante, y al personal del Servicio de Parques Naturales implicados.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILELLA, A., S. FOS & E. LAGUNA (Ed.) (2009). *Catálogo Valenciano de Especies de Flora Amenazadas*. Colección Biodiversidad, 18. Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge, Generalitat Valenciana. Valencia.

ANDRÉS, J. V., APARICIO, J. M., FABREGAT, C. & LÓPEZ, S. (2005). *Caracterización y estrategia de conservación de tejeras en 5 LIC de la Comunidad Valenciana*. Informe inédito. Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge.

ARREGUI, J. M. (2005). *Actividades llevadas a cabo, al amparo del convenio de colaboración suscrito entre el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias y la Conselleria de Territorio y Vivienda de la Generalitat Valenciana*. Informe inédito. Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge.

GARCÍA-MARTÍ, G., FERRER-GALLEGU, P. P., MARTÍNEZ, J., LAGUNA, E. & MARZO, A. (2012). *La creación de núcleos de dispersión-reclamo como modelo de restauración ecológica forestal*. En: Avances en la restauración de sistemas forestales. Técnicas de implantación. II Reunión conjunta del Grupo de Trabajo de Repoblaciones Forestales de la SECF y del Grupo de Trabajo de Restauración Ecológica de la AEET. Palencia, 22-23 noviembre 2012.

LAGUNA, E., DELTORO, V., FOS, S., PÉREZ ROVIRA, P., BALLESTER, G., OLIVARES, A., SERRA, L. & PÉREZ BOTELLA, J. (2003). *Hàbitats prioritarios de la Comunidad Valenciana*. Generalitat Valenciana. Conselleria de Territori i Habitatge, Valencia.

SERRA, L. (Ed.) (2007). *El tejo en el mediterráneo occidental*. Jornadas Internacionales sobre el tejo y las tejeras en el Mediterráneo Occidental. Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge.

Producción de plántulas de *Taxus baccata* para el refuerzo poblacional en las principales tejedas de Catalunya

ANA I. RÍOS^{1*}, X. GARCÍA-MARTÍ^{1,2}, D. GUIXÉ¹, P. CASALS¹, A. CARITAT¹, J. CAMPRODÓN^{1,3}

¹Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC)

²Bioma Forestal

³Grup BETA. Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya

*ana.rios@ctfc.cat

RESUMEN

El cambio climático, los incendios recurrentes, el sobrepastoreo y la acción directa del hombre amenazan la conservación del tejo (*Taxus baccata* L.), especialmente en el ámbito mediterráneo.

En el presente trabajo se exponen los resultados obtenidos dentro de la línea de producción de planta destinada a acciones incluidas en el proyecto LIFE Taxus LIFE+ NAT/ES/711 TAXUS que implica como objetivo final la restauración de las tejedas en Cataluña mediante refuerzos poblacionales puntuales en aquellas localidades donde existe un colapso en la regeneración espontánea debido a anteriores perturbaciones. Las experiencias realizadas en 2012 y 2013 incluyen la recolección, manejo y producción en vivero de plántulas de tejo. Durante el otoño de esos dos años, se recolectaron 5,6 kg de frutos y 6,6 kg respectivamente, equivalentes a un total de 28.200 semillas. Los lotes procedían de 4 localidades distribuidas a lo largo del territorio: Alta Garrotxa (Llongarriu y Missecòs), Muntanyes de Poblet, Serra de Llaberia y Serra de Cardó. Durante todo el proceso se ha controlado la procedencia de cada lote de semillas a nivel de individuo con el fin de garantizar la máxima trazabilidad. De acuerdo con el test de viabilidad y los ensayos previos se esperan conseguir 3.700 plántulas conformadas adecuadamente para su instauración en campo. La emergencia de los brinzales procedentes de las semillas recolectadas en 2012 se produjo en abril de 2014 con un porcentaje de germinación del 7,3 % (841 brinzales) del total. El núcleo poblacional con mayor porcentaje de germinación fue Llongarriu, con 62,4 %, seguida de Cardó (10,8%), Missecòs (1,79%) y Llaberia (0,49%). En ensayos realizados se ha detectado que la tasa de germinación obtenida en las semillas recogidas directamente del árbol (25,1%) fue superior a las recolectadas del suelo (3,2%). Sin embargo, fue con las semillas procedentes de excrementos de fauna silvestre consumidora de frutos donde se obtuvo una mayor tasa de germinación -sin aplicación de escarificación química posterior-, con un 81,6% de éxito. Después del repicado, a los 3 meses desde la nacencia, sobrevivieron

519 individuos. La elevada mortalidad de éstos (38%) fue debida a la predación de las plántulas recién nacidas por caracoles y babosas en el vivero. En algunas plántulas se observó una brotación posterior a dicha predación. Se esperan tasas de germinación más elevadas en los lotes recogidos en 2013 según el test de viabilidad y se prevé conseguir el objetivo de 3500 plántulas viables.

PALABRAS CLAVE

Taxus baccata, germinación, viabilidad de semillas

INTRODUCCIÓN

Las poblaciones de tejo (*Taxus baccata* L.) se encuentran en regresión en la zona sud occidental de Europa debido a diferentes factores: cambio climático, incendios, sobrepastoreo y acción directa del hombre. En el ámbito mediterráneo, estas formaciones rara vez son densas, donde el tejo sea el árbol dominante, y más bien se encuentra formando pequeños rodales bajo el dosel de pinares, encinares o hayedos. Por ello, se hace necesaria una actuación activa para la conservación de esta especie.

Una de las acciones que prevé el proyecto LIFE+ Natura 2011: *Improvement of Taxus baccata conservation status in north-eastern Iberian Peninsula* (en adelante LIFE Taxus), es el refuerzo de individuos en las tejedas degradadas mediante la recolección de semillas, procedentes de las mismas poblaciones, para la posterior producción de plántulas. En este sentido, desde el 2012 se está realizando la producción de plántulas de tejo en el Centro Tecnológico Forestal de Catalunya (CTFC) siguiendo la metodología propuesta por García-Martí (2007) y en colaboración con el Banco de Semillas Forestales – CIEF de la Generalitat Valenciana. En este proyecto se prevé la recolección de alrededor 10.000 semillas con el fin de obtener unas 3.500 plántulas, que son las contempladas como objetivo del presente proyecto.

El refuerzo poblacional se realizará en las principales tejedas de Catalunya: Massís de les Salines en Alta Garrotxa, Muntanyes de Prades, Serra de Llaberia y Serra de Cardó – Boix. Con el objetivo de asegurar el acervo genético de las poblaciones, todo el proceso de producción desde la recolección a la plantación, sigue un riguroso control de procedencia y manejo del germoplasma según la normativa vigente.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. Recolección de los frutos

La recolección de frutos se ha realizado con los certificados patrones expedidos por la Generalitat de Catalunya de acuerdo con la Directiva 1999/105/CE.

La recolección de frutos tuvo lugar en octubre y noviembre de 2012 y octubre de 2013, en cuatro localidades de Catalunya (Alta Garrotxa, Poblet, Serra de Llaberia y Serra de Cardó).

El método de recolección varió dependiendo de la cantidad de arilos por rama: de uno en uno o bien ordeñando las ramas con un cubo debajo (Figura 1). En otras ocasiones, para facilitar la recolección cuando había mayor cantidad de semillas, se colocó una malla en el suelo para recoger los que caían directamente del árbol mientras se recolectaba. El fruto se recogía siempre del árbol pero en ocasiones, por falta de producción, se recogían del suelo. En este segundo caso, se recogían por separado antes de cosechar los frutos del árbol y se etiquetaban por separado. En los dos años de recolección se recogieron excrementos de pequeños mamíferos que se encontraban debajo de los mismos árboles donde se recolectaba.



Figura 1. Recolección de frutos de tejo en la Alta Garrotxa

Además de diferenciar los frutos por región de procedencia, se diferenciaron los frutos por individuo de tejo o bien por agrupaciones de tejos muy cercanos en zonas con baja producción.

2. Limpieza de las semillas

La limpieza de las semillas se ha realizado siguiendo la metodología propuesta por García-Martí (2007). Los arilos se conservaron en cámara frigorífica a 4°C hasta su limpieza posterior. En el menor tiempo posible desde su recolección, se procedió a la separación de la parte carnosa para evitar la posible inhibición por el arilo mediante los siguientes pasos:

1. Remojo de los frutos en un cubo con agua y extracción del material flotante (hojas, semillas vanas y el resto de impurezas) con la ayuda de un colador.
2. Batido de las semillas en agua con la ayuda de una batidora doméstica con el acople montador de nata.
3. Retirado de las partes carnosas que se han desprendido con un colador.
4. Vertido de la pasta batida en un tamiz de paso de luz inferior al tamaño de las semillas y bajo ducha constante de agua y frotado manual con continuos movimientos circulares aplicando presión para liberar la pulpa más adherida a las semillas, repitiendo esta acción tantas veces como fue necesario puesto que es importante para evitar la inhibición de la germinación.
5. Vertido del contenido en un cubo con agua y separación por decantación, consecutivos trasvases en dos cubos de agua, eliminando así las semillas vanas, ya desprovistas de arilo, junto con las impurezas que pudieran quedar.
6. Extendido de las semillas en un papel absorbente para eliminar el exceso de agua y la parte carnosa que se pudiera quedar adherida a la semilla.

Tras estos pasos, se obtuvieron los lotes limpios destinados a producción que se almacenaron debidamente etiquetados en la cámara frigorífica a 4°C hasta el siguiente proceso.

3. Protocolo de germinación

Los pasos que se han seguido son:

1. Inmersión en ácido sulfúrico diluido a un tercio durante 3,5 h en agitación constante.
2. Frotación de la semilla con un colador y guantes para extraer los restos de la cubierta de la semilla y limpieza con agua destilada.
3. Imbibición posterior en agua destilada durante 24h.
4. Estratificación en turba húmeda (composición 60:30:10 de Turba:Perlita:Coco) a 0°C - 4 °C y con humedad elevada (80-85 %) durante 4 meses (no se ha aplicado tratamiento antifúngico).
5. Siembra a 3-4 cm de profundidad dejando un espacio entre las semillas de unos 0,5 cm².
6. Los semilleros se colocaron posteriormente en un umbráculo con paso de luz de 50%.

Las características del sustrato utilizado son:

- Turba: parda, granulometría 0-25mm y pH 4.
- Perlita: expandida, neutra.
- Fibra de coco: vermicoco.

4. Testado

Para realizar el testado, se seleccionaron al azar semillas de diferentes lotes procedentes del conjunto de lotes que se recogieron en campo, obteniendo de este modo una muestra representativa de las características del lote completo. Para el análisis, se seleccionaron 100 semillas de cada lote y se realizó el test de viabilidad mediante el ensayo topográfico con cloruro de Tetrazolio.

Las semillas recogidas en octubre de 2012 se guardaron en cámara frigorífica a remojo en agua durante 48 horas después del tratamiento descrito en el apartado anterior. Durante ese proceso, se produjo una avería en las cámaras frigoríficas que provocaron un golpe de calor a los lotes de semillas con temperaturas superiores a los 45°C. Con el fin de detectar si las semillas habían perdido capacidad germinativa, se cogió nuevamente una muestra al azar de 50 semillas y se realizó la prueba de viabilidad con Tetrazolio.

A partir de los porcentajes de viabilidad de cada campaña de muestreo, se ha calculado el número de semillas viables. De éstas, se ha considerado que germinaran el 30% que llegaran a ser plántulas.

El número de semillas recogidas, se calculó en algunos casos con recuento directo (lotes con pocas semillas) y en el resto a partir del peso de las semillas (Tabla 4).

5. Repicado y cultivo

Para asegurar un correcto enraizamiento y éxito en la repoblación se han repicado los plantones del semillero a los contenedores individuales. El repicado se realizó 5 semanas después de su emergencia.

Las plántulas se han colocado en contenedores forestales Forest-pot®300cc, con una profundidad de enraizamiento de 20 cm que permiten el autorepicado.

La composición del sustrato es la misma que se ha utilizado para la estratificación en turba húmeda pero con fertilización con abono de liberación lenta: Floramid Permanent. La dosis de fertilización calculada es de 150:25:130 mg de N:P:K para el global de todo el cultivo, aportando una parte desde el primer día del repicado (47.6 g/planta con una composición de 16:7:15 NPK) y el resto mediante fertirrigación de manera sostenida a lo largo del proceso de producción hasta su etapa de acondicionamiento antes de llevarse a campo.

El repicado se realizó en el mismo umbráculo evitando el calor o desecación manteniendo alta la humedad de la turba y la fracción vegetal. Se extrajeron las plántulas con la ayuda de unas pinzas de laboratorio.

Cada día se controló la humedad del sustrato.



Figura 2. Plántulas de tejo repicadas en Forestpot® 300cc.
Fotografía de Jordi Bas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Recolección de frutos

El año 2012 se recolectaron aproximadamente 5,6 kg de frutos. Fue un año de baja producción en las poblaciones de Catalunya (sobre todo en las poblaciones del Sur: Llaberia y Cardó) y se optó por recolectar frutos que había en el suelo, representando el 30% del total, sabiendo que se obtiene una bajo porcentaje de germinación (Tabla 1). El año 2013, fue un año considerado normal en cuanto a producción; se recolectaron 6,5 kg con el mismo esfuerzo de recolección, de los que sólo el 1,3% fueron recogidos del suelo (Tabla 1). En los dos años, se recogieron además excrementos de pequeños mamíferos hallados debajo de los tejos donde se recolectaba.

2. El test de viabilidad y la predicción de plántulas viables

El test de viabilidad para las semillas procedentes del 2012 expuestas a altas temperaturas, dio porcentajes de germinación claramente inferiores, reduciéndose hasta en un 12% de semilla viable. Para compensar la previsible pérdida de potencial germinativo, ese mismo año se procedió a recolectar más frutos en época más tardía (noviembre de 2012). La prueba de viabilidad también resultó baja (33%) seguramente porque en esta segunda recolección resultó ya difícil encontrar frutos en los árboles y se obtuvieron mayor cantidad de frutos del suelo, sobre todo en las zona de Cardó, donde la viabilidad era del 84% en un inicio. Para la campaña de 2013, los porcentajes de germinación son muy similares entre las zonas con un promedio del 62% de viabilidad en el conjunto (Tabla 2).

Según los cálculos del test de viabilidad y la supervivencia esperada de las semillas viables, se esperaba conseguir el objetivo de 3.500 plántulas de tejo (Tabla 3).

En general la zona con las semillas con mayor peso son las de la Garrotxa (NE de Catalunya) mientras que las más ligeras se sitúan en la Serra de Cardó (SE de Catalunya) (Tabla 4).

3. Germinación de las semillas y obtención de plántulas:

En la primera primavera no emergió ningún brinjal de las semillas procedentes de las dos campañas de recolección. Fue durante la segunda primavera cuando empezaron a emerger, a partir de 23 de abril de 2014. Durante el estadio de semilla, no se produjeron ataques por parte de roedores o pájaros, pero una semana después del repicado de las plántulas en los alveolos individuales, parte de las bandejas con las nuevas plantas sufrieron daños por predación de insectos, caracoles o babosas. No se observaron ataques por parte de roedores o pájaros. Para evitarlos, se protegieron las plantas con una malla de paso fino y se aisló el acceso a éstas desde el suelo con un soporte metálico.

En total se han obtenido hasta la fecha alrededor de 500 plántulas (Tabla 5) de tejo procedentes de la campaña de recolección de 2012. El porcentaje de germinación fue bajo en general (7,29%). La localidad de Llongarriu

(Alta Garrotxa) mostró el porcentaje de germinación más elevado (86%). Como era de esperar, las semillas recolectadas directamente de los árboles han mostrado un porcentaje de germinación más elevado respecto a las recogidas del suelo, pero el mayor éxito se ha obtenido de las semillas procedentes de excrementos de pequeños mamíferos (> 80%).

Aunque se recolectó de diferentes individuos, se ha observado que varios pies de la zona de Misseclòs no han producido semillas viables en campaña de 2012.

El número de plántulas esperadas (Tabla 4 y 5) según las predicciones del test de viabilidad y tras la reducción de un 30% de las plántulas remanentes (porcentaje de supervivencia que se ha aplicado en este proceso después de la germinación), es similar al número de plántulas obtenido.

Los daños tras la exposición de las semillas a altas temperaturas durante 24-48h, ha variado de forma diferente en función de la región de procedencia (Tabla 6), posiblemente por las diferencias en el grosor de la cubierta externa en cada lote. En Misseclòs las semillas expuestas a alta temperatura han dado valores de germinación más bajos que en la Sierra de Cardó (Tabla 6). Además, la zona de Alta Garrotxa con dos localidades de recolección ha mostrado diferencias muy marcadas a nivel interpoblacional. Esto puede ser debido a las características morfofisiológicas de la semilla generada por los diferentes árboles progenitores.

ZONA	ÁRBOL (g)	SUELO (g)	EXCREMENTOS (g)	TOTAL
RECOLECCIÓN OCT 12				
GARROTXA	1186,23	810,84		1997,07
CARDÓ	2259,26	356,35		2564,98
RECOLECCIÓN NOV 12				
GARROTXA	472,59	162,08	19,21	653,88
LLABERIA		103		103
CARDÓ	133,77	182,70		316,47
RECOLECCIÓN OCT 13				
GARROTXA	3279,20	90,91		3370,11
POBLET	738,80			738,8
LLABERIA	1033,35		14,61	1047,96
CARDÓ	1455,61			1455,61
TOTAL	10508,18	1705,88	33,82	12247,88

Tabla 1. Cantidad de fruto recolectado en las diferentes poblaciones de Catalunya por fuente de origen. Árbol: fruto recogido del árbol; Suelo: fruto recogido del suelo; Excrementos: semillas recogidas de excremento de mamífero.

Tratamiento	Sin tratamiento ¹	ácido + Temperatura	ácido	ácido
Recolección Zona	oct-12	oct-12	nov-12	oct-13
GARROTXA	56	12	33	66
POBLET	nd	nd		52
LLABERIA	nd	12	33	68
CARDÓ	84	12	33	62
% viables promedio	70	12	33	62

Tabla 2. Porcentaje de viabilidad de las semillas recogidas en las diferentes campañas según el tratamiento realizado.

Recolección	Nº Semillas sembradas	Nº semillas viables	Nº plántulas esperadas
oct-12			
GARROTXA	4319	518	155
CARDÓ	4575	549	165
nov-12			
LLABERIA	206	68	20
GARROTXA	1687	557	167
CARDÓ	749	247	74
oct-13			
LLABERIA	2940	1999	600
GARROTXA	7503	4952	1486
POBLET	1923	1000	300
CARDÓ	4311	2673	802
Total general	28213	12563	3769

Tabla 4. Valor de los pesos de las semillas por población de tejo estudiada.

ZONA	AÑO	Nº SEMILLAS	PESO (g)	D.T.	Lotes nº	PESO POR SEMILLA (mg)
Garrotxa	2012	25	2,609	ND	1	104
Cardó	2012	25	1,625	ND	1	65
Garrotxa	2013	100	10,950	1,85	3	110
Poblet	2013	100	7,460	0,62	3	75
Llaberia	2013	100	8,960	1,19	3	90
Cardó	2013	100	7,360	0,55	3	74

Tabla 5. Porcentajes de germinación y recuento de plántulas después de 3 meses desde su emergencia (recuento de plántulas vivas en julio de 2014) de la campaña de recolección de 2012 (octubre y noviembre de 2012). ND: no hay datos. *Según el test de viabilidad.

	ALTA GARROTXA		LLABERIA	CARDÓ	TOTAL
	Llongarriu	Misceclòs			
Nº semillas sembradas	259	5747	206	5324	11537
Nº semillas germinadas	163	103	1	574	841
Nº plántulas esperadas*	322	20	239	581	
% Germinación	62,93	1,79	0,49	10,78	7,29
% Germinación semillas árbol	62,93	0,28	ND	12,04	25,09
% Germinación semillas suelo	ND	2,51	0,49	6,47	3,15
% Germinación semillas excremento	ND	81,63	ND	ND	81,63
% Supervivencia a los 3 meses después de la germinación	52,76	73,79	100	62,02	61,71
Nº plántulas vivas (Julio-14)	86	76	1	356	519
Nº pies recolectados	varios	8	varios	5	>13
Nº pies que han germinado semillas	varios	1	varios	4	>5

Tabla 5. Porcentajes de germinación y recuento de plantones después de 3 meses desde su emergencia (recuento de plántulas vivas en julio de 2014) de la campaña de recolección de 2012 (octubre y noviembre de 2012). ND: no hay datos

Localidad	Exposición a alta temperatura	Exposición a baja temperatura
	% Germinación	% Germinación
Serra de Llaberia	nd	5,96
Alta Garrotxa (Llongarriu)	62,93	Nd
Alta Garrotxa (Miseclòs)	1,23	3,14
Serra de Cardó	11,95	3,60

Tabla 6. Porcentajes de germinación según la región de procedencia de la semilla y la exposición a alta o baja temperatura.

CONCLUSIONES

El proceso de producción de planta de tejo es complejo y costoso debido a los numerosos factores adversos limitantes que suceden durante las diferentes fases de viverización (GARCÍA-MARTÍ, 2007). Los porcentajes de germinación de semillas procedentes de poblaciones alejadas de su óptimo, caso frecuente en las localizadas en ambientes mediterráneo estricto, son bajos al igual que la supervivencia de las plantas después de la germinación, tal y como observa en la Cordillera Cantábrica GARCÍA (2007). En esta región además, la calidad y cantidad de semilla recolectada tiene fuertes variaciones interanuales, hecho que suele dificultar la obtención del número de plántulas requerido en este tipo de proyectos a mayor escala y durante el tiempo mínimo de producción (2-3 años).

En el proyecto LIFE Taxus se persiguen objetivos de producción de material forestal de reproducción de tejo en Catalunya para diferentes regiones de procedencia (Alta Garrotxa, Poblet, Sierra de Llaberia y Sierra de Cardó). Durante el 2012 se realizó la primera campaña de recolección de semillas coincidiendo con un año de baja viabilidad de las semillas y de una escasa producción. Según los resultados del test de viabilidad, el potencial germinativo obtenido no permitía llegar al objetivo de producción necesario para realizar los refuerzos poblacionales previstos (3.500 plantas). Por este motivo se realizó una segunda recolección de plantas durante 2013. En ese año, la producción de semillas fue mucho más elevada y el test de viabilidad mostró porcentajes de potencial germinativo más elevados que el año anterior. Si las predicciones se cumplen, se logrará producir más de 3.500 plantas. En el presente estudio, se ha observado que en los tratamientos pregerminativos, la exposición

de las semillas a imbibición en agua y altas temperaturas durante más de 24 horas puede mejorar los porcentajes de éxito pero es un proceso que necesita ser estudiado con más detalle en ensayos controlados. No se tenía conocimiento del consumo de plántulas de tejo por parte de caracoles y babosas, y según se ha observado durante la producción en los viveros de Solsona, puede suponer un grave problema de cara al buen desarrollo de las plántulas y debe ser controlado en caso de observar presencia de consumo.

La producción de tejo destinado a planes de conservación a “escala fina” y con manejo de germoplasma local, puede enfrentarse a factores adversos como son el complejo sistema de latencia de la especie, el alto grado de vulnerabilidad en los primeros estadios de crecimiento, los problemas asociados a la vecería derivados de factores abióticos o abióticos limitantes u otras causas. Por ello se hace necesaria la confección de un programa relativamente flexible en el tiempo y sujeto a posibles cambios que permitan trazar opciones alternativas en aras de conseguir los resultados teóricos esperados.

AGRADECIMIENTOS

Estudio financiado por el proyecto LIFE Taxus LIFE+ NAT/ES/711 TAXUS (www.taxus.cat) y realizado gracias a los consejos y experiencia sobre producción de tejo del Centro de Investigación y experimentación forestal (CIEF) de la Generalitat Valenciana, que nos acogieron en sus instalaciones y nos permitió realizar pasos seguros para el éxito de la producción de tejos.

Agradecer especialmente a Jarkov Reberter del Consorcio de la Sierra de Llaberia, Sara Sánchez del Consorcio de la Alta Garrotxa, Xavier Buqueras y Albert Duch del Paraje Natural de Poblet, Roman Borràs del Ayuntamiento de Rasquera y Guillem Argelich de la empresa CODE, Dani Estruch y Carla Fuentes por la ayuda prestada en el repicado de las plántulas.

Destacar también la colaboración desinteresada de Carme Sola y Eva Viladrich de la Escuela de Capacitación Agraria (ECA) del Solsonès por la cesión de sus instalaciones para la germinación de las plántulas de tejo y sus consejos.

BIBLIOGRAFÍA

GARCÍA, D. (2007). Regeneración natural y conservación del tejo (*Taxus baccata* L.) en la cordillera Cantábrica: la importancia de las interacciones ecológicas. En: Serra, L. (ed.). El tejo en el Mediterráneo Occidental. Ministerio de Medio Ambiente. Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge. CAM. pp 31-38.

GARCÍA-MARTÍ, X. (2007). Producción de material forestal de *Taxus baccata* L. destinado a planes de conservación. En: Serra, L. (ed.). El tejo en el Mediterráneo Occidental. Ministerio de Medio Ambiente. Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge. CAM. pp 141-152.

DIRECTIVA 1999/105/CE DEL CONSEJO de 22 de diciembre de 1999 sobre la comercialización de materiales forestales de reproducción.

Water stress ($\delta^{13}\text{C}$) in *Taxus baccata* L. depends on canopy cover and basal area of the neighboring trees

ANA I. RÍOS^{1*}, V. AGUILA², D. GUIXÉ^{1,2}, J. CAMPRODON¹, A. CARITAT^{1,2,3}, P. CASALS¹

¹ Forest Sciences Centre of Catalonia (CEMFOR-CTFC)

² Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya

³ Universitat de Girona

* ana.rios@ctfc.cat

ABSTRACT

In the framework of the LIFE Taxus project, the goal of this preliminary study is to obtain guidelines about how different intensities of selective cuttings to improve the yew habitat conservation may affect the vigor of yew trees. In the Mediterranean region, yew trees (*Taxus baccata* L.) are usually found living with other tree species in mixed forests. Water stress of yew trees, and its growth, may depend on the net balance between the competition for soil water with neighbours tree and the cover of the same neighbors which may reduce the evaporative demand. These effects could depend on the type of trait neighbors (perennials, deciduous or conifer trees) and the bioclimatic region (Submediterranean or Mediterranean). This study aims to understand these processes using the natural abundance of carbon isotopes ($\delta^{13}\text{C}$) in yew leaves. $\delta^{13}\text{C}$ may be considered as a proxy for the water use efficiency of a plant, which integrates the effects of climate and physiology status on plant C assimilation. For this study, in 2012-2013, we did forest inventory and collected leaves from the upper-part of the canopy from about 134 yews growing in three Catalan localities: two in the Submediterranean region, Alta Garrotxa and Muntanyes de Prades, and one in the Mediterranean region, in Serra de Llaberia. We selected only leaves from the last growing period. Using linear regression models, the $\delta^{13}\text{C}$ of yew leaves has been related with the yew's basal area; total basal area of neighbors (and the basal area of perennials, deciduous or conifer trees); and the percentage of cover of the yew canopy by other trees. Juvenile ($\text{dn} > 2.5$) and recruit ($\text{dn} < 2.5$) status of yew trees and the region of origin have been included in the model as dummy variables. The results suggest that yew water stress (estimated as leaf $\delta^{13}\text{C}$) positively relates to the total basal area of neighbors and, negatively, with the canopy cover. Juvenile yew trees are more water stressed than young ones, and yew trees growing in the Mediterranean area are more stressed than those from the Submediterranean region. As a conclusion, selective cuttings should be addressed to reduce basal area of neighbors surrounding the target tree but avoiding affect the canopy cover.

KEYWORDS

Taxus baccata, water stress

INTRODUCTION

In the Mediterranean region, yew trees (*Taxus baccata* L.) are usually found living as sub-canopy tree with other tree species in mixed forests (CORTÉS & AL., 2000; PIOVESAN & AL., 2009). Facilitation among plants occurs when the recruitment and survival of one species is enhanced by another species by making the physical environment under its canopy more suitable for the beneficiary (BERTNESS & CALLAWAY, 1994; VERDÚ & GARCÍA-FAYOS, 1996; GARCIA & AL., 2000). However, the interaction between plants may depend on how stressful is the environment. The interaction might result positive in several environment but turn into negative under other conditions. The priority of indentifying an appropriate management procedure to maintain or enhance the resilience of ecosystems to the projected impacts of climate change has been highlighted (e.g. LINDNER, 2000; COLL & AL., 2014).

For the conservation point of view, the identification of facilitation mechanisms may be useful for the management of threatened plants, such as the yew, or for the enhancement of the resilience of ecosystems to the projected impacts of the climate change. Water stress, and the growth of yew trees, may depend on the net balance between the competition for soil water with neighbors and the cover of the same neighbors which may reduce the evaporative demand. These effects could depend on the type of trait neighbors (perennials, deciduous or coniferous trees) and the bioclimatic region (Submediterranean or Mediterranean). As a part of the LIFE Taxus project (www.taxus.cat), the ultimate goal of this study is to understand how different intensities of selective cuttings to improve the yew habitat conservation, affect the vigor of yew trees. The specific objective is to estimate the competition or facilitation effects of neighbor trees on the yew (*Taxus baccata*) water stress.

METHODOLOGY

To understand how the presence of neighbours affects the yew water stress, we use the natural abundance of carbon isotopes in yew leaves. The ratio of C isotopes of plant tissues ($\delta^{13}\text{C}$) are considered to be a proxy of the plant water stress relates (e.g. FERRIO & AL. 2003). In the atmosphere, the $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ molar ratio is 1:99 and it is determined by mass spectrometry and referred to the PDB standard, as $\delta^{13}\text{C}$ values (Eq.1):



Figure 1. Leaves sample of *Taxus baccata*.

Briefly, the main factors determining $\delta^{13}\text{C}$ in C3 plants are membrane diffusion and carbon fixation by the enzyme Ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase (RuBisCO). In the leaf, the heavier isotope ^{13}C is discriminated respect the lighter ^{12}C during the physical and chemical processes involved in the synthesis of plant organic matter. Hearby, it is a simplified scheme of the relationship between carbon isotope composition ($\delta^{13}\text{C}$) and stomatal conductance related with the water disponibility (Figure 2).

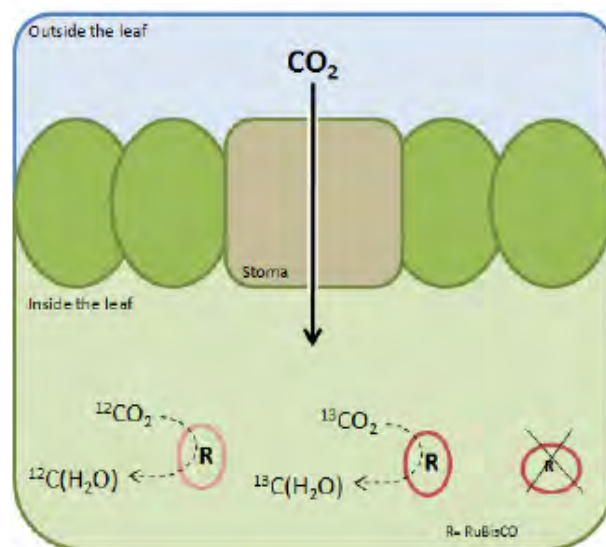
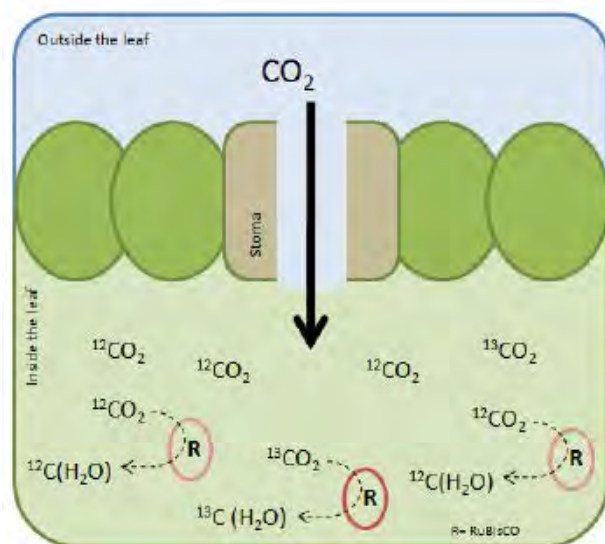


Figure 2. Graphic scheme of the water stress process (from FERRIO & AL., 2003). Where R is the RuBisCO activity.

When stomata are open (Figure 2a), CO_2 diffuses easily into intercellular space, and the intercellular pressure of CO_2 is closer to the ambient. In that case RuBisCO is not limited by CO_2 and thus discrimination takes place mostly during the carboxylation step. In contrast, when stomata conductance is reduced (Figure 2b), CO_2 flux is limited and the intercellular pressure of CO_2 is significantly lower than it is in the ambient. Therefore, photosynthesis is strongly limited by stomata conductance, and the $\delta^{13}\text{C}$ becomes closer to the value of the discrimination during CO_2 diffusion in air (FERRIO & AL. 2003).

EXPERIMENTAL DESIGN AND SAMPLING

During the years 2012-2013, we study 134 yew trees (stations) growing in two different regions (Figure.1): Submediterranean (Alta Garrotxa and Muntanyes de Prades) and Mediterranean (Serra de Llaberia).

Each station consists in a central yew tree and an area of 5 m radius centered in the yew. We recorded the diameter, the height and the name of all woody species in each station. We also measure the diameter of the yew and the percent cover per species of the yew canopy (the total cover was the sum of cover per each species and may be higher than 100). Finally, to estimate the water stress by the $\delta^{13}\text{C}$ composition of yew leaves, we cut three twigs with yew leaves, corresponding to the last growing period, from the upperparts of its canopy. The leaves were triturated and the $\delta^{13}\text{C}$ obtained with a PDZ Europa ANCA-GSL elemental analyzer interfaced to a PDZ Europa 20-20 isotope ratio mass spectrometer in the UC Davis (University of California).

Data was analyzed using linear regression models. The $\delta^{13}\text{C}$ of yew leaves has been related with: the yew's basal area, total basal area of neighbors (and the basal area of perennials, deciduous and conifer trees), and the percentage of cover. Juvenile ($\text{dn}>2.5$) and recruit ($\text{dn}<2.5$) status of yew trees and the region of origin have been included in the model as dummy variables. Independent variables were square-root transformed.

RESULTS AND DISCUSSION

Water stress of Catalan yews and the bioclimatic regions

Overall, juvenile yews growing in the Mediterranean region are more water stressed than in the Sub-mediterranean (high $\delta^{13}\text{C}$) (Table 1). The recruit yews were only studied in the Mediterranean locality of Serra de Llaberia, where they are less water stressed than juveniles (Table 1, Figure 3).

	$\delta^{13}\text{C}$ Sub-mediterranean	$\delta^{13}\text{C}$ Mediterranean	Multiple analysis of variance		
	Mean	E.T.	Mean	E.T.	F- value status (Sig.)
Recruit yew status	.	.	-31.57	0.23	25.05 (0.0001)
Juvenile	-30.93	0.15	-30.26	0.12	
F-Value regions (Sig.)*	10.93 (0.001)				

* Test only for Juvenile-Adult status.

Table 1. Mean of $\delta^{13}\text{C}$ by bioclimatic region and the status recruit and juvenile and the Analysis of variance.

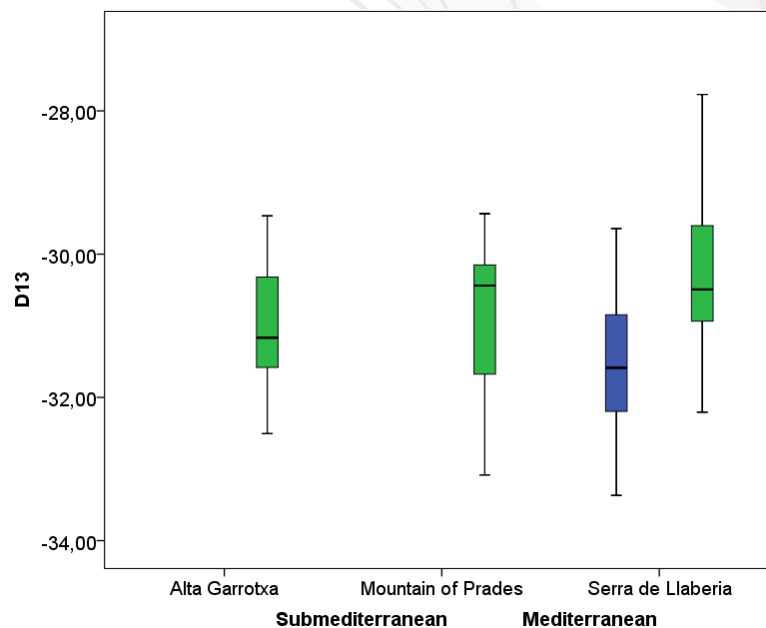


Figure 3. Range of Leaf $\delta^{13}\text{C}$ of yew juveniles growing in different localities, and recruit yews in Serra de Llaberia. (Data correspond to maximum, minimum and 25, 50 and 75 percentiles).

$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4$					
$\delta^{13}\text{C} =$	- 31.241	+ 1.014 J/A	+ 0.708 M/SM	- 0.099 $\sqrt{(\%Cov)}$	+ 0.067 $\sqrt{(AB_Aci)}$
Stand. Error	0.550	0.270	0.194	0.38	0.30
P-value	0.000	0.000	0.000	0.011	0.030

Table 2. Linear regression model of water stress catalan yews. (J/A: Recruit/Juvenile; M/SM: Mediterranean/Submediterranean region; %Cov: percentage of cover of the yew canopy by other trees ; AB_Aci: Basal Area of conifer trees. J/A and M/SM are dummy variables where Recruit and Mediterranean have 0 value).

Water stress of Catalan yews and neighbor trees

Using linear regression models, our results suggest that yew water stress (estimated as leaf $\delta^{13}\text{C}$) positively relates to the total basal area of neighbors and, negatively, with the canopy cover (Table 2 and Figure 4) in both regions (mediterranean and submediterranean).

In Table 2, the stage and the origin region are dummy variables, where Juvenile and Mediterranean region have 0 value. So, for the Mediterranean region, the value of $\delta^{13}\text{C}$ is lower in juvenile than in adults. This result suggest another time, that adults of are more hydric stressed.

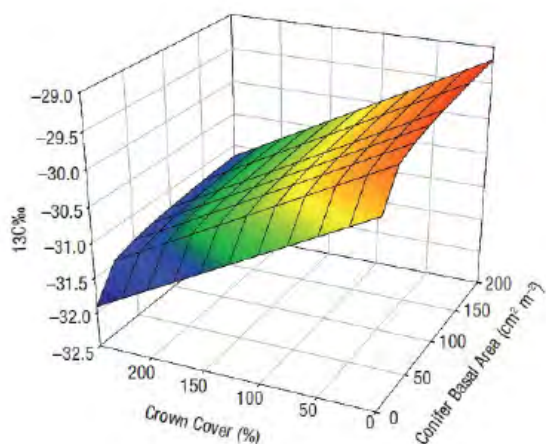


Figure 4. Predicted leaf $\delta^{13}\text{C}$ of recruit yew along the proportion of the yew crown covered by neighbors and the basal area of neighbours according with the regression model in Table 2. Region dummy variable was set as 0. Canopy and basal area were square root transformed.

CONCLUSIONS

The $\delta^{13}\text{C}$ of yew leaves suggested that the juveniles in the Sierra de Llaberia Mountain are more stressed than recruits. The crown of juveniles is more exposed to the sun radiation and has less protection of the neighbors shade. Yews growing in the Mediterranean region are the most water stressed. In general, our results suggested that the cover of neighbor reduces the yew water stress whereas an increase of basal area of neighbors increases the yew water stress.

From a conservation point of view, selective cuttings addressed to reduce basal area of neighbors surrounding the target tree but avoiding affect the canopy cover, especially in the mediterranean region, may contribute to enhance the growth of yew.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was funded by the LIFE Taxus project (www.taxus.cat). Many thanks to Jarkov Reverter of Consorci Serra de Llaberia, Sara Sánchez of Consorci Alta Garrotxa, Xavier Buqueras and Albert Duch of Poblet Natural Site, Roman Borràs of Rasquera Council and Guillem Argelich of CODE.

REFERENCES

- BERTNESS, M., CALLAWAY, R.M. (1994). Positive interactions in communities. *Trends Ecol Evol* 9: 191-193.
- COLL, L. (2014). Gestión selvícola y regeneración natural ante un futuro incierto: marco teórico y principios generales. *Cuadernos de la SECF* 40: 19-32.
- CORTÉS, S., VASCO, F., BLANCO, E. (2000). El libro del tejo. Arba. 336 pp.
- FERRIO, J.P., VOLTAS, J., ARAUS, J.L. (2003). "Use of carbon isotope composition in monitoring environmental changes", *Management of Environmental Quality: An international Journal*, 14 (1), 82-98.
- GARCIA, D., ZAMORA, R., HÓDAR, J.A., GÓMEZ, J.M., CASTRO, J. (2000). Yew (*Taxus baccata* L.) regeneration is facilitated by fleshy-fruited shrubs in Mediterranean environments. *Biol Conserv* 95: 31-38.
- LINDNER, M. (2000). Developing adaptative forest management strategies to cope with climate change. *Tree Physiology* 20: 299-307.
- PIOVESAN, G., PRESUTTI SABA, E., BIONDI, F., ALESSANDRINI, A., DI FILIPPO, A., SCHIRONE, B. (2009). Population ecology of yew (*Taxus baccata* L.) in the Central Apennines: spatial patterns and their relevance for conservation strategies. *Plant Ecol* 205: 23-46.
- VERDÚ, M., GARCÍA-FAYOS, P. (1996). Nucleation processes in a Mediterranean bird-dispersed plant. *Funct. Ecol.* 10: 275-280.

Richness and abundance of yew seed dispersers and predators in Catalonia

DAVID GUIXÉ, ANA RÍOS & JORDI CAMPRODON

david.guixe@ctfc.cat

Forest Sciences Centre of Catalonia. Biodiversity and Animal Conservation Lab: <http://baclab.ctfc.cat/>

ABSTRACT

In the Mediterranean region, yew (*Taxus baccata* L.) trees are usually found on scattered or small patches in mixed forests with other tree species such as pine, oak and beech. As these relict yew patches are in regression, the *T. baccata* habitat has been listed as a priority for conservation (habitat 9580, Directive 97/62/EC). The lack of yew seed dispersion and seedling survival are considered key factors that explain the low recruitment of yew and the reduction of its distribution area. As these processes are mediated by specific fauna species, in this work we studied the diversity of potential seed dispersers or fruit predators in relation to the presence of yew and the annual variability of its fruit production. Hence, during the autumn of 2012 and 2013, we recorded all the birds heard in 92 stations and all the animals in 12 photo trapping stations in four areas of study: Alta Garrotxa, Muntanyes de Prades, Serra de Llaberia i Serra de Cardó.

A total of 57 bird and 13 mammal species have been detected, 19 of which are considered to be potential dispersers (3 mammals and 16 birds). It is worth highlighting the presence of long-distance dispersers, such as the migrant birds song thrush (*Turdus philomelos*) and ring ouzel (*Turdus torquatus*); or the short-dispersers, in this case, present throughout the year, such as the blackbird (*Turdus merula*), the robin (*Erithacus rubecula*), the wood pigeon (*Columba palumbus*), and the jay (*Garrulus glandarius*) birds and the mammals such as the beech marten (*Martes foina*), genet (*Genetta genetta*) and badger (*Meles meles*). In contrast, sedentary birds as tits, finches or warblers seem to play a low role as dispersers, even though they have good populations.

Dispersers were more abundant in mixed forests with yew trees than in control areas without yew trees, indicating that they are positively attracted by yew fruits. Moreover, the abundance of dispersers, especially for thrush and ring ouzel, depends significantly on the amount of yew fruits.

The predation of seeds after their dispersion seems to be high. Hence, seeds dispersed by birds often end up consumed by rodents, mainly the wood mouse (*Apodemus spp.*) and squirrel (*Sciurus vulgaris*), as shown by, respectively,

23% and 9% of the total photographs obtained. No seed predation by wild boar (*Sus scrofa*) or domestic goats (*Capra hircus*) have been observed, although these animals may affect negatively seedling growth the survival of young yews (CORTÉS *et al.* 2000). To counteract these impacts, in the Life Taxus project (www.taxus.cat) we are carrying out several activities to promote the fruiting and dispersal of yew; such as planting other tree species that produce fleshy fruits to further attract dispersers, selective thinning to increase the visibility of the yew canopies to dispersers and increasing the fruit ripening or building pools to attract birds and mammals into yew forests.

INTRODUCTION

In the Mediterranean region, yew (*T. baccata*) trees are usually found on scattered or small patches in mixed forests with other tree species such as pine, oak and beech (Figure 1). As these relict yew patches are in regression, the yew habitat has been listed as a priority for conservation (habitat 9580, Directive 97/62/EC). Despite its wide distribution, the yew is considered rare because where there is, it has small population sizes and forming mixed stands with pine, oak and beech. Historically, Yew woods were more extensive during the last ice age while now have been restricted to small isolated populations in the southern part of Western Europe. The main threats facing the species in recent years is the increase in temperature and decrease in rainfall, changes in the landscape, the excessive use of medical applications and forest fires (CORTÉS *et al.* 2000).

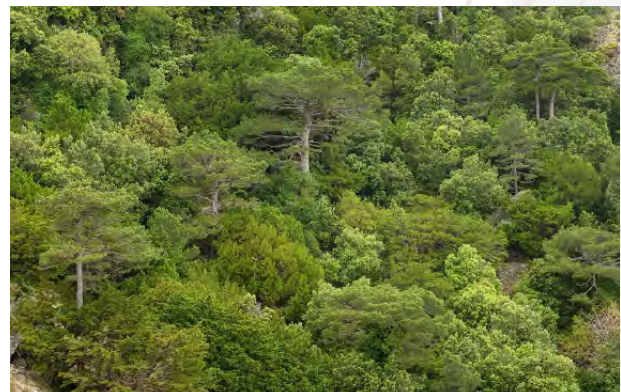


Figure 1. Yew forest in Rasquera (Mediterranean area). Foto: Jordi Bas.

Conservation strategies of yew must take into account aspects of biogeography and history based on knowledge of ecological processes that determine the regression of populations locally. One of the key ecological processes in the distribution and abundance of yew is the result of dispersion of the yew fruits. In that case scattering occurs by zoocoria (animals) and also germination is influenced by the pass off the digestive tract of animals. For this reason, the biology and the use of space by animals dispersers determines the amount (number of seeds dispersed), quality (probability of seedling survival) and the ability to seed dispersal (SCHUPP 1993; JORDAN & SCHUPP, 2000).

About dispersers we can distinguish two types according to the effective distance dispersal. Some are short (carnivores and sedentary birds) who deposited their droppings with viable seed at a distance of a few meters or kilometers. The second type is the long-distance dispersers (thrushes). They are migratory species with high movement capability and can defecate viable seeds at a great distance, maybe in new areas of settlement. These long-distance dispersers are attracted to areas with presence of species that produce fleshy fruits such as yew. Data from the Catalan Institute of Ornithology (www.ico.cat) confirm that the maximum period of migrant frugivore birds coincides with the time of fruiting of the yew (September-November).

The lack of yew seed dispersion and seedling survival are considered key factors that explain the low recruitment of yew and the reduction of its distribution area. In this work we studied the diversity of potential seed dispersers or fruit predators in relation to the presence of yew and the annual variability of its fruit production. (Figure 2)



Figure 2. Yew fruits. Foto: Jordi Bas.

METHODOLOGY AND STUDY AREA

Fieldwork was carried out in 4 locations in Catalonia (north-eastern Iberian Peninsula). In two Mediterranean areas of study: Serra de Llaberia and Serra de Cardó and two sub-Mediterranean areas: Muntanyes de Prades and Alta Garrotxa.

Combination of various techniques is required for more comprehensive inventories. During the autumn of 2012 and 2013, we recorded all the birds heard in 92 listening points separated more than 500 m in areas with significant presence of yew, and 23 control points in nearby wooded areas without yew to assess the differences in terms of abundance and species of birds present with clear potential as dispersers.

In other hand, we set up 12 photo trapping stations in 4 locations. The camera used was RECONYX HD500 that poured in front of a bark shelf full of yew arils previously collected. One point was on a rock at ground level and the other in a yew branch at a height of about 4-6 meters (Figure 3).

To determine if there is any relation between the abundance of birds in yew forest we applied ANOVA analysis and Tukey post-hoc test (Statistica 7).

The abundance of dispersers (*Turdus philomelos*, *Turdus torquatus* and *Turdus viscivorus*) obtained from listening points was analyzed applying Generalized Linear Models (GLM) with a Poisson distribution and log link function (glm package R core team 2012). Abundance of dispersers was included as a dependent variable, while abundance of yew fruits, year and region were included as predictors.



Figure 3. Camera trap set up in Llaberia forest (Mediterranean area). Photo: Jordi Bas.



Figure 4. Robin *Erithacus rubecula* eating yew fruits. Photo: Jordi Bas.

RESULTS

In total, 57 bird and 13 mammal species have been detected, 19 of which are considered to be potential dispersers (4 mammals and 12 birds). It is worth highlighting the presence of long-distance dispersers, such as the migrant birds song thrush (*Turdus philomelos*) and ring ouzel; or the short-dispersers, in this case, present throughout the year, such as blackbird, (*Turdus merula*), robin (*Erithacus rubecula*), wood pigeon (*Columba palumbus*) and jay (*Garrulus glandarius*) (Table 1). Also mammals such as the beech marten (*Martes foina*), genet (*Genetta genetta*), fox (*Vulpes vulpes*) and badger (*Meles meles*). In contrast, sedentary birds as tits, finches or warblers seem to play a low role as dispersers, even though they have good populations (Figure 5).

Seed predation after their dispersion is half of the total obtained by photo trapping (Figure 6). Hence, seeds dispersed by birds often end up consumed by rodents, mainly the wood mouse (*Apodemus spp.*) and squirrel (*Sciurus vulgaris*), as shown by, respectively, 23% and 9% of the total photographs obtained. No seed predation by wild boar (*Sus scrofa*) or domestic goats (*Capra hircus*) have been observed (Figure 5), although these animals may negatively affect seedling growth and the survival of young yews (Cortés *et al.*, 2000).

Table 1. Average of contacts and percentage of relative abundances of disperser birds in study area of two years (2012 and 2013) counting effort. The importance of every specie as disperser of yew fruits is shown (Biology).

Cientific Name	Biology	Average of contacts (2012-2013)	Percentage (%)
<i>Fringilla coelebs</i>	Medium Disperser	229	37.61
<i>Erithacus rubecula</i>	Medium Disperser	128.5	9.50
<i>Garrulus glandarius</i>	Medium Disperser	52	3.76
<i>Sturnus vulgaris</i>	Medium Disperser		0.79
<i>Parus major</i>	Low Disperser	34.5	2.49
<i>Columba palumba</i>	Low Disperser	3	0.54
<i>Fringilla montifringilla</i>	Low Disperser	2.5	0.29
<i>Sylvia atricapilla</i>	Low Disperser	2.5	0.18
<i>Turdus philomelos</i>	High Disperser	99	7.95
<i>Turdus merula</i>	High Disperser	51	3.83
<i>Turdus torquatus</i>	High Disperser	19.5	1.45
<i>Turdus viscivorus</i>	High Disperser	6.5	0.47
<i>Loxia curvirostra</i>	Depredator	4	3.58
<i>Parus cristatus</i>	Depredator	45.5	3.29
<i>Parus caeruleus</i>	Depredator	22.5	1.63
<i>Parus ater</i>	Depredator	19	1.37
<i>Carduelis chloris</i>	Depredator	8	1.19
<i>Sitta europaea</i>	Depredator	9.5	0.69
<i>Dendrocopos major</i>	Depredator	6	0.43
<i>Picus viridis</i>	Depredator	3.5	0.25
<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	Depredator	2	0.14
<i>Parus palustris</i>	Depredator	0.5	0.04

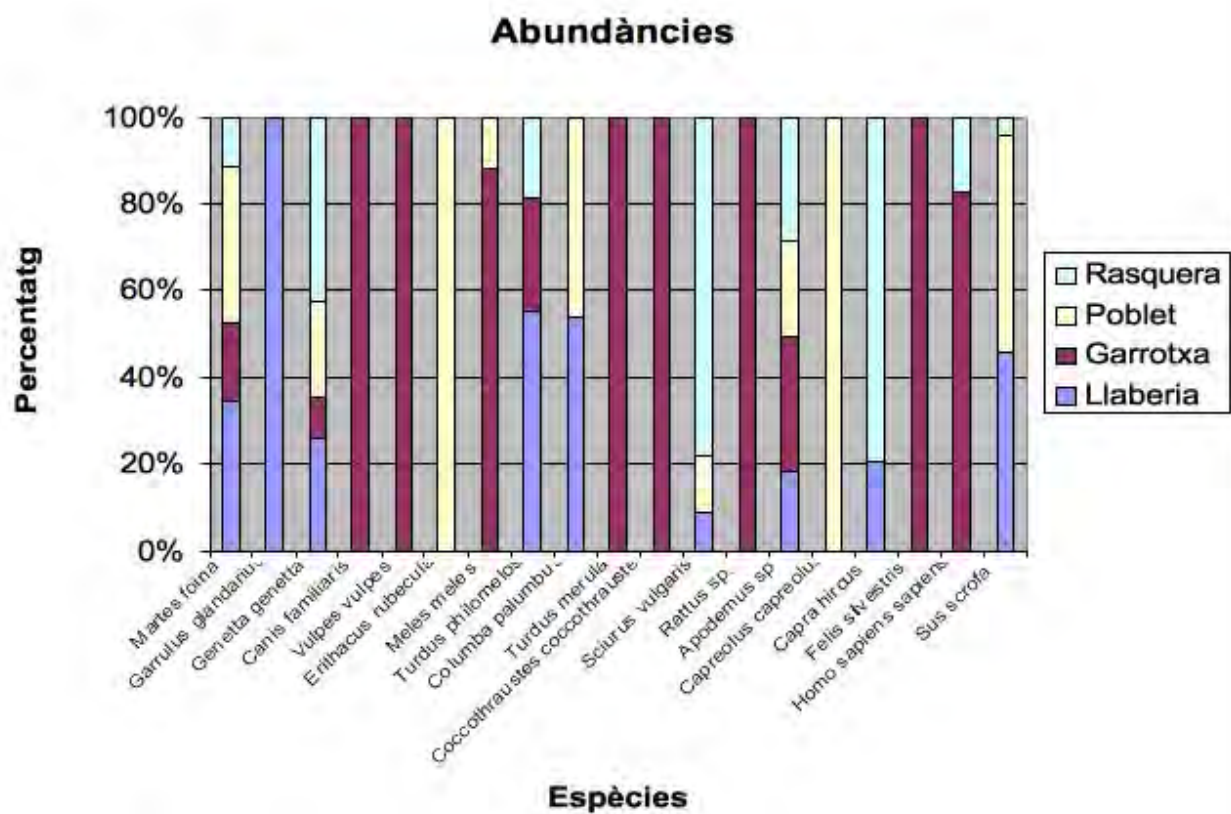


Figure 5. Percentage of contacts from different species detected in photos obtained from photo trapping in four Yew forests (2012 and 2013).

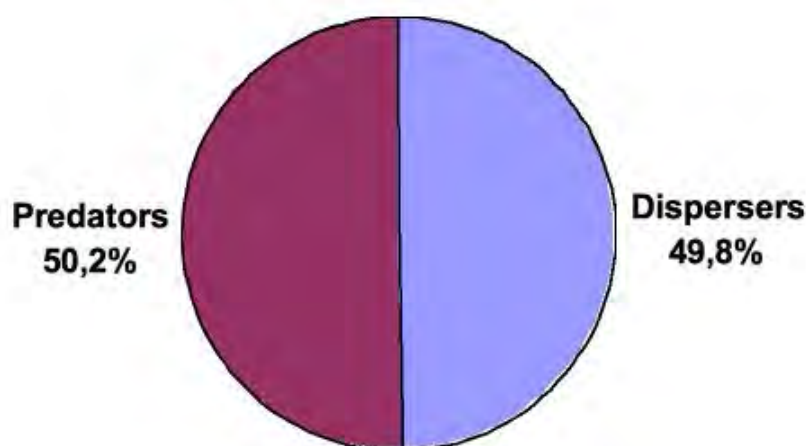


Figure 6. Percentage of species dispersers (thrush, blackbird, robin, jay, civet cat, marten, badger) and considered predators of yew fruits (Bullfinch, mouse, rat and squirrel) obtained from contacts obtained from trapping photography on Yew forest of Catalonia.



Photo 1. Example of a Trush (*Turdus philomelos*) contact obtained from photo trapping.



Photo 2. Example of a beech marten (*Martes foina*) contact obtained from photo trapping.



Photo 3. Example of a wood pigeon (*Columba palumbus*) contact obtained from photo trapping.



Photo 4. Example of a squirrel (*Sciurus vulgaris*) contact obtained from photo trapping.

The average of bird abundance between yew forest listening stations and control areas in 2013 is similar, but significant differences appear when focusing on bird dispersers ($F = 13,237$, $p < 0.001$) (Figure 7). This information supports that dispersers are attracted to forests with higher abundance of yew fruits. Moreover, the abundance of dispersers, especially for thrush and ring ouzel, depends significantly on the amount of yew fruits.

Moreover, field monitoring showed that 2012 was a year of low fruit production in the area of Serra de Llaberia and Alta Garrotxa. Significant more abundant dispersers were detected in Rasquera when comparing with the other three populations (Tukey Post-hoc test p -value < 0.02). Abundance of dispersers did not vary between years but significant interactions were found between years and sampled regions, in particular between

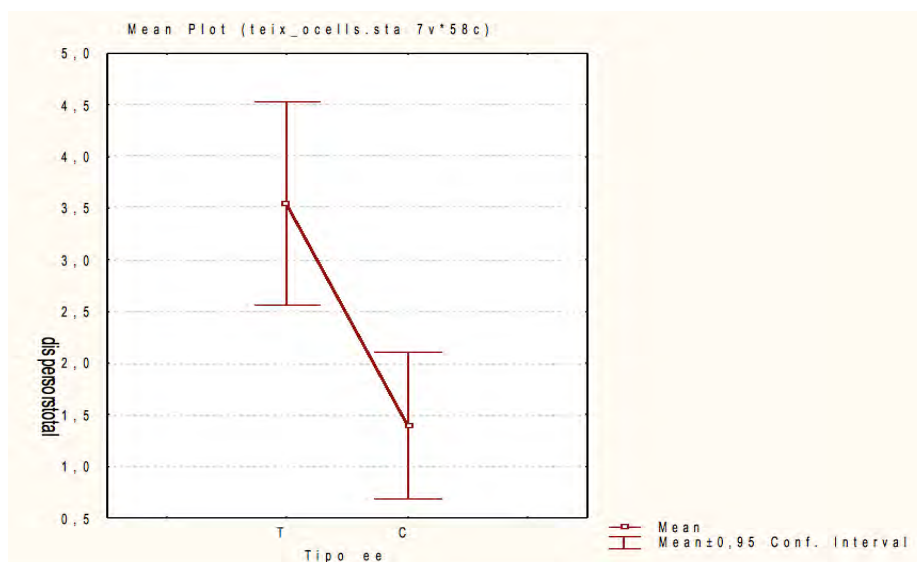


Figure 7. Average of abundance of disperser birds for a total point count stations doing in 2013 (T: Yew forest and C: Control)

Coefficients	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	4.221e-01	2.849e-01	1.482	0.138
Fructification	1.657e-04	5.853e-05	2.830	0.004 **
Regions	-8.602e-01	4.653e-01	-1.849	0.064478 .
Year2013	8.945e-02	3.912e-01	0.229	0.819
Fructification:2013	1.563e-05	7.266e-05	0.215	0.829
Zone Sumbed?:2013	2.902e+00	1.033e+00	2.811	0.004**
Fructification:Zone_Med	4.150e-04	9.347e-05	4.440	9e-06 ***
Fructification:ZoneMed:2013	-1.052e-03	2.900e-04	-3.629	0.000 ***

-1.052e-03 2.900e-04 -3.629 0.000 ***

Table 2. Generalised linear model signification response to the variable bird dispersers abundances.

Mediterranean (Serra de Cardó and Serra de Llaberia) and Sub-mediterranean areas (Muntanyes de Prades and Alta Garrotxa) (Table 2). In 2013 in Alta Garrotxa was detected significantly more abundance of dispersers compared to the other areas studied.

Abundance of dispersers are positively correlated with abundance of fruits, showing a rapid increase of dispersers when fructification is very high in a area (Table 2 and Figure 7). Fructification variable doing a significative difference ($p=0,004$). Although fructification with geographical zone (Mediterranean and Submediterranean) in 2013 relationship (Table 2). In the case of Mediterranean region, in 2013, bird abundance decreased significantly probably due to the annual variation of the population of migrant birds and their migration routes, also due to climatic conditions.

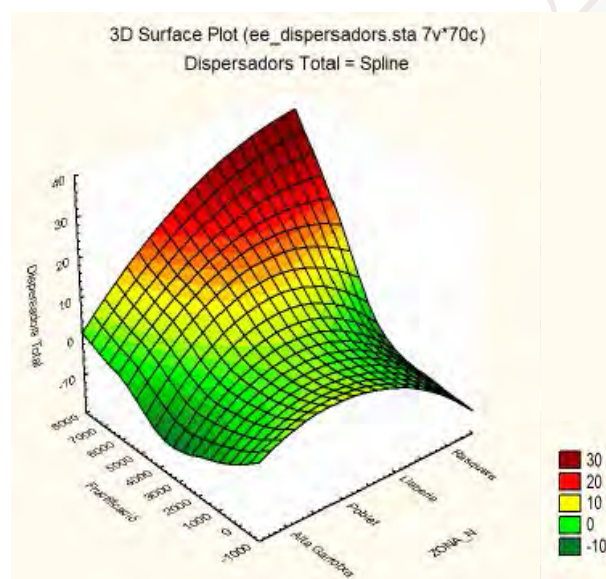


Figure 8. Surface plot of abundance average of disperser birds in relation to fructification and stations of 2012-2013.

DISCUSSION

The yew is a dioecious species that produces seeds almost every year (Valdés, 2006). However, some years they can show variations in production (García *et al.* 2005). According to other studies, the 90% of yew fruits are eaten by birds, mainly common thrushes (*Turdus philomelos*) (42% of visits to the fruit trees), song thrushes (*T. viscivorus*) (31% of visits), and blackbirds (*T. merula*) (21% of visits) (Martínez, 2004). These birds tend to regurgitate or defecate the seeds intact, mobilizing large amounts of yew seeds. However, the dispersion can be very heterogeneous on a small scale (García *et al.* 2005).

Here we demonstrate the importance of thrushes and medium size carnivores as good dispersers of yew fruits in Catalan forests with 16 species detected (4 mammals and 12 birds). Specially song thrush and ring ouzel during autumn migration. They can positively select yew forests with good productivity of fruits and big flocks can visit the areas depending on resources abundance (Schupp, 1993; García *et al.* 2000; Martínez *et al.* 2008; Thomas & Polwart, 2003). In contrast, our data show that tits, finches and warbler play a low role as dispersers. The same occur in the case of robins or blackbirds, when taking into account the abundance of these two species in all Yew woods (10% and 4% of the total bird contacted respectively). A few photographs of these species feeding on yew fruits

were also obtained. Other studies suggest that the non-dispersive predation is high, as much as 70% of the seeds dispersed by birds often end up consumed by rodents, mainly wood mouse. We observed a high frequency of mouse (23% of the photographs obtained), but also red squirrel in 9% of photographs obtained. However, we did not observe fruit predation by wild boar or goats, species that play a negative role in the regeneration and seedling growth and survival of young disks (Hodar *et al.*, 1998, García & Obeso, 2003).

Results show a high rate of seed predation driving to a low proportion of seedlings. Other studies corroborated it when comparing with the same amount of seeds dispersed, and with other fruit-producing species such as holly or white beam (García *et al.*, 2005). This makes necessary to apply management policies to promote the presence and abundance of animal dispersers throughout yew woods in Catalonia while simultaneously increasing fruit production.

CONCLUSIONS

We propose three actions to improve yew seed production and dispersal:

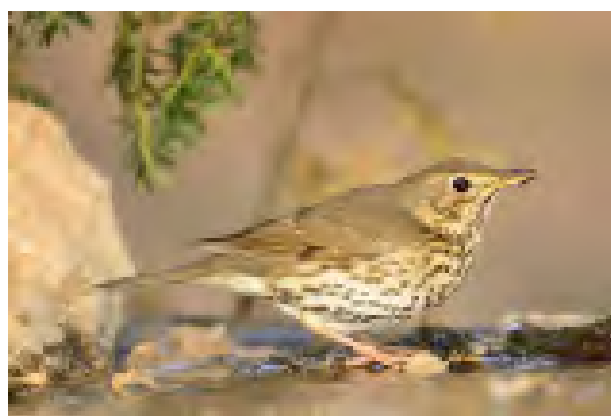
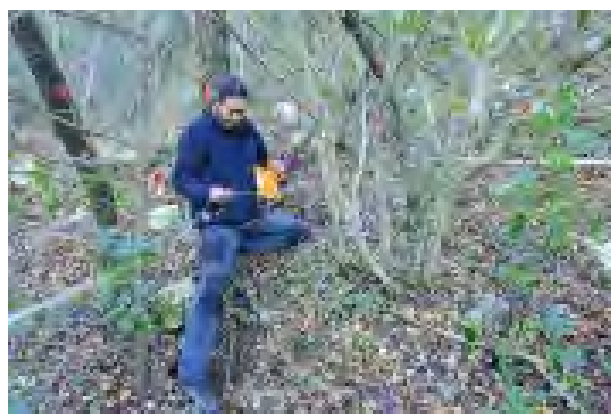


Figure 9. Selective thinning, monitoring actions and a photo of common thrush in a pool. Photo: Jordi Bas.

1. Promote the concentration of “bait plants” that produce fleshy fruits. These act to appeal to carnivores and birds, especially migratory and gregarious species. These woody plants can be holly (*Ilex aquifolium*), white beam (*Sorbus aria*), hawthorn (*Crataegus monogyna*) and the strawberry tree (*Arbutus unedo*).
2. When vegetation is very dense over the tops of the yews, there is very little sunlight coming through and difficult access and visibility for birds dispersers. Carrying out selective thinning to Yew forest (Figure 8) could increase the visibility of fruits to dispersers and increase the arrival of sunlight, helping fruit ripening (HULME, 1997; SVENNING and MAGARD, 1999; ISZKULO & BORATYNSKI, 2004). Be sure the actions are carried out gradually to allow gradual adaptation of adults or young yews.
3. Water availability is a limiting factor in Mediterranean Mountains. Construction of pools to attract birds and carnivores scatters toward yew forest. These pools should be located close to good stands of yew (Figure 10).

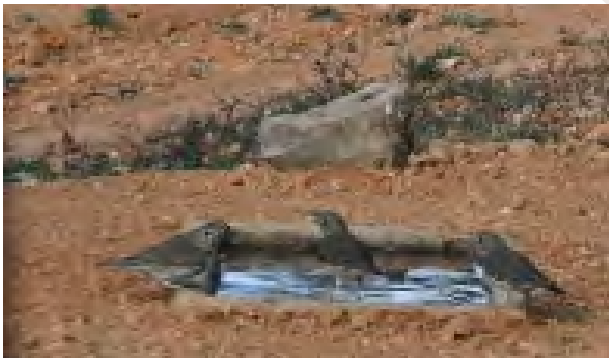


Figure 10. Song thrush (*Turdus philomelos*) in a pool.
Photo: Jarkof Reverté.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was funded by the LIFE Taxus project (www.taxus.cat). We thank to Marina Talló, Judit Marcó, Pere Casals, Marc Taull, Xavier Buqueras, Anton Vallvey, Albert Duch, Antònia Caritat, Jarkov Reverté, Roman Borràs, Sara Sánchez, Montserrat Sancho, David Giralt, Gerard Bota, Denis Boglio, Xavier Garcia, Montse García, Audrey Thenard, Montserrat Vidilla, Jordi Bas, Toni Llobet, Antònia Grífols, Àngela Muntada, Assu Planas, Francesc Sardà and Núria Pou.

REFERENCES:

CORTÉS, S., F. VASCO, E. BLANCO. El Libro del Tejo (*Taxus baccata* L.). (2000) Un proyecto para su conservación. Editorial ARBA. Madrid

GARCIA D., ZAMORA R., HODAR J.A., GOMEZ J.M., CASTRO J. (2000) Yew (*Taxus baccata* L.) regeneration is facilitated by fleshy-fruited shrubs in Mediterranean environments. *Biological Conservation* 95:31-38.

GARCIA D., OBESO J.R. (2003) Facilitation by herbivore-mediated nurse plants in a threatened tree, *Taxus baccata*: local effects and landscape level consistency. *Ecography* 26:739-750.

GARCÍA D., OBESO J.R., MARTÍNEZ I. (2005) Spatial concordance between seed rain and seedling establishment in bird-dispersed trees: does scale matter? *Journal of Ecology* 93:693-704.

HODAR, J.A., CASTRO, J., GO MEZ, J.M., GARCÍA, D., ZAMORA, R., (1998). Effects of herbivory on growth and survival of seedlings and saplings of *Pinus sylvestris nevadensis* in SE Spain. In: Papanastasis, V.P., Peters, D. (Eds.), *Ecological Basis of Livestock Grazing in Mediterranean Ecosystems*. EUR 18308, Luxembourg, pp. 264±267.

HULME P.E. (1997) Post-dispersal seed predation and the establishment of vertebrate dispersed plants in Mediterranean scrublands. *Oecologia* 111: 91-98.

ISZKULO G., BORATYNSKI A. (2004) Interaction between canopy tree species and european yew *Taxus baccata* (Taxaceae). *Polish Journal of Ecology* 52:523-531.

JORDAN P., SHUPP E. W. (2000) Seed disperser effectiveness: the quantity component and patterns of seed rain for *Prunus mahaleb*. *Ecol. Monogr.* 70: 591–615.

MARTÍNEZ I., GARCÍA D., OBESO J.R. (2008) Differential seed dispersal patterns generated by a common assemblage of vertebrate frugivores in three fleshy-fruited trees. *Ecoscience* 15: 189–199.

R CORE TEAM (2012). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>

SCHUPP E.W. (1993) Quantity, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals. *Vegetatio* 107-108: 15-29; Thomas P.A., Polwart A. (2003) *Taxus baccata* L. *Journal of Ecology* 91:489-524.

SVENNING J.C., MAGARD E. (1999) Population ecology and conservation status of the last natural population of English yew *Taxus baccata* in Denmark. *Biological Conservation* 88:173-182.

THOMAS P.A., POLWART A. (2003) *Taxus baccata* L. *Journal of Ecology* 91:489-524.

Abstracts

Practical data for the conservation and restoration of Yew Woods and their associated ecosystems

XAVIER GARCIA MARTÍ

Bioma Forestal. Asociación de Amigos del Tejo y las Tejedas.

xavi@biomaforestal.es

ABSTRACT

Yew woods and their associated ecosystems stand out as clear examples of high environmental quality bioindicators, and of the possible existence of a condition of equilibrium in local ecosystems. However, they represent one of the most endangered priority habitats in a great part of their global distribution, a regression due in great measure to the direct or indirect actions of mankind. At the same time, great progress has been noted in the theoretical knowledge describing and systematising the functioning of the ecosystems, as well as interaction networks with regard to their components and ecological science in general. This important progress leads us to new challenges and formulas to explain and put into practice innovative lines of applied (or applicable) science in order to allow for the optimization of an active strategy, so expedient in restoring these valuable formations, which are almost extinct in many territories. But in this process of functional adaptation of many of these scientific advances to the technical context of management there are still factors which limit the carrying out of effective conservation projects (even to the point of doubting the validity of some) or the actual assessment of actions involved in the short-to-medium term.

This is easily recognisable in one kind of habitat, the case of Mediterranean Yew woods, which have a decelerated dynamic or are subjected to a more than presumable extinction debt, where decline processes, collapse and fragmentation of the populations are frequently observed at present. It makes sense to think that due to the extent of distribution of *Taxus* genus (even species as *T. baccata*), we are facing conservation strategies which involve clearly differentiated – even antagonistic - lines of action between two different biogeographically areas in order to achieve the same goal.

In some regions, these actions mean development of conservation plans with a passive nature. This may mean solely carrying out “non-intervention programmes” or, at most, the promotion of a silviculture based on low intervention, respectful with the whole ecosystem and together with a required phase of herbivore exclusion as a way of encouraging ecological processes according to different scales of focus.

In many others, however, the occurrence of recurrent disturbances over centuries, the actual bioclimatic nature, and currently increasing environmental restrictions call for active conservation programmes where the management of the ex situ genetic resources and the improvement actions in quality and structure of the habitat gain importance and are necessary to avoid, at the very least, imminent local or regional extinction.

This is a summarised compilation of practical data and both management and restoration experiences in different territories up to the present time. Also included are different conservation experiences according to the cyclical formula “in situ - ex situ – in situ” as a essential technique for improving the dynamic of marginal populations.

Regression and progression dynamics in yew (*Taxus baccata*) populations in Navarra, north Spain, in recent times

OSCAR SCHWENDTNER

Bioma Forestal. C/ Zumedia, 8, 31174 Etxauri, Navarra, Spain.

oskar@biomaforestal.es

ABSTRACT

From the optimal period of the Middle Holocene to our time *Taxus baccata* forests in South Europe have experienced a drastic regression (PÉREZ-DÍAZ *et al*, 2013). The distribution of yew populations in the middle of 20th century became limited to marginal areas. Now the situation could be even worse. However there are still reasons to expect a recovery if the regression causes are identified and some management measures are taken. In recent decades, changes in anthropic pressure on the landscape have led to major changes in the situation of yew in two opposing directions:

- Recovery of space in open woodlands by young yew populations after extensive livestock grazing has been abandoned.
- Loss of some of the ancient remnants in old coppice beech woodlands, caused mainly by exclusive competition in the “stems exclusion” phase in new forest dynamics developed after logging was abandoned.

The ecological processes of these two changes are not always clear and sometimes it could be compounded by other related novel factors such as the expansion of wild herbivores or the increase of demand for fuel wood.

We have collected data about yew expansion and retreat in different ecological situations in the Navarra mountains (north Spain) and have analysed the factors which affects the yew tree's conservation. Consequently we propose some management measures for the active conservation of the last yew population remnants in this area.

Actuaciones de prevención de incendios en zonas remotas

RICARD BAQUES ALMIRALL

Consorci per la protecció i gestió de l'Espai d'Interès Natural de la Serra de Llaberia

La planificación de la prevención de incendios forestales en el LIC Tivissa -Vandellós – Llaberia está plasmada en el documento **“Plan de prevención de incendios forestales para el PPP ET2 Tivissa – Vandellós – Llaberia – Pradell”** realizado por la Generalitat de Catalunya en 2010. En el proyecto TAXUS se llevan a cabo alguna de las actuaciones de prevención de incendios definidas en el plan. De modo aproximado se destina el 35% de la partida C8 a este tipo de actuaciones. El 65 % restante se destina a acciones complementarias diseñadas en exclusiva por este proyecto.

Con el proyecto TAXUS se pretende dar un paso más y complementar el PPIF ya que este no está pensado para proteger los hábitats de mayor interés sino para reducir el potencial de que se produzca un gran incendio forestal. Para ello se definen unidades de 300 a 500 ha que quedan delimitadas por actuaciones de prevención de incendios. Se puede dar el caso que dentro de una unidad se hallen hábitats de interés que no estarán protegidos en caso que un incendio empiece dentro de la unidad.

Las acciones de prevención de incendios desarrolladas se basan en criterios propios del PPIF y en el documento **“integración del riesgo de grandes incendios forestales en la gestión forestal - ORGEST”**. El diseño de las actuaciones sobre el terreno se ha realizado en base al conocimiento del régimen de incendios, que se ha estudiado en el PPIF, y a un análisis topográfico.

Para completar el diseño de las actuaciones ha sido necesario un replanteo sobre el terreno en días concretos en los que se producían unas determinadas situaciones sinópticas. El replanteo previo sobre el terreno es necesario porque algunas zonas son de muy difícil acceso.

El resultado final ha sido el diseño y realización de tres tipos de actuaciones: Àreas estratégicas, franjas auxiliares estratégicas y áreas con reducción de la vulnerabilidad al fuego de copas.



W
R
C
O
O

BLOC3

APPLICATIONS AND CULTURE
OF THE YEW TREE



Yew and 'I'

Impact of a tree species (*Taxus baccata* L.) on the evolution of human consciousness

FRED HAGENEDER

fred@themeaningoftrees.com

ABSTRACT

The meaning of yew, *Taxus baccata* L., to human culture and spiritual life throughout the millennia is investigated by looking at the archaeological evidence, early texts and tree and branch symbolism in prehistoric art. The comparison across time, geography and cultural setting reveals essential parallels in the meanings and associations of this tree species. Yew wood is an extremely hard and durable material and has been utilized since the Palaeolithic in a wide range of domestic, construction and military contexts. Additionally, the wood and the living tree have also been engaged in ritual and spiritual activities of the most diverse human groups and cultures, and more so than any other Eurasian tree species or even genus. This rather 'psychological' engagement with yew is also rooted in prehistory and seems to focus primarily on the boundaries of human existence: birth, death, transcendence of the human limitation.

KEYWORDS

Taxus baccata, cultural history, prehistoric art, ritual, shamanism, cosmology, World Tree

INTRODUCTION

Around the world and since prehistory, trees of many kinds have provided food and shelter for humans. This has left a sensation of deep trust in the collective psyche as is expressed in many myths in which trees appear as ancestors and protectors.

When early man tamed the fire, it was trees again to supply the fuel and keep the flame going. Fire became a major incentive for the division of labour, and for socialising in the evening. In the evolution of the human species, only those groups with fire survived (Goudsblom 1994). Trees stood behind this, ready to serve, and people knew it.

In the next step of cultural evolution trees played a dominant role once again. The transition from

nomadic life styles to settlements saw the construction of great varieties of shelters and houses, stables and barns, bridges, mills and irrigation systems. The entire visible face of human culture was built of wood. The archaeological terms Stone Age, Bronze Age and Iron Age are misleading, they only refer to the tools (not even including their handles) which were used to shape a world out of wood.

The first encounter of the human genus with *T. baccata* must have taken place when the first movement of the African exodus reached the southern Caucasus Mountains, between 1.9 and 1.8 million years ago. Later, the two waves of the first hominid colonizers of Europe – *Homo antecessor* about 1.2 million years ago, and *Homo heidelbergensis* about 600,000 years ago – will also have used caves for shelter and home-making. Given that 70% of the well-developed caves in the world are formed of limestone (Larson *et al.* 2004, 91), the very rock that provides the favourite subsoil for yew worldwide, yew and man can be assumed to have been in continuous proximity with each other.

The oldest yew artefact is the yew spear from Clacton-on-Sea in Essex which was discovered in 1911 with flint artefacts and animal bones in strata belonging to the second-last interglacial period, the Hoxnian Stage, between 300,000 and 200,000 years ago. It was probably *Homo heidelbergensis*. The second-oldest yew artefact in the world is a Neanderthal yew spear found in the ribs of a straight-tusked mammoth (*Hesperoloxodon antiquus*). It dates from the last interglacial period, the early Eemian interglacial, between 128,000 and 115,000 years ago. During this time, *Taxus* was significantly more spread than today, its pollen representing up to 20% of all tree pollen precipitation (Brande 2009, 205). The Eemian was sparsely populated with Neanderthals but rich in yew. The final migration of our own species, *Homo sapiens*, from Africa to Europe occurred about 45,000 years ago, again via the Levante, Anatolia and the Balkans with their native yew populations. Limestone caves, some of which were presumably found in the vicinity of yews, were one of man's principal shelters during the Palaeolithic period.

MATERIAL AND METHODS

This paper treats yew world-wide as *one* species. An overview of the historical discussion of the taxonomical reasons for eight or more (sub-)species of *Taxus* can be found in Hageneder 2007 (13, 275), the reasons for one species *Taxus baccata* L. are discussed in Hageneder 2013 (26-8).

To investigate the millennium-long history of human-yew interactions, the surviving material is scarce and connecting isolated pieces of evidence across time and space may entail dangers of over-generalization. A single artefact might have been a unique specimen and not an example of a local, *let alone* widespread tradition. But when a pattern begins to emerge we may consider a connection between similar or even identical expressions. Artistic individualism as we know it today was not a strong social force until the last few centuries. Items of prehistoric art, like wooden carvings, ‘stem from a coherent and complex prehistoric world view. Their various attributes and properties are not accidental, nor the whim of the carver, but consonant with the beliefs and rituals of the society that produced them’ (Coles 1998, 163).

In all fields of life, customs and practices change over time, but the elements of the cosmology and religion of a society are usually extremely conservative. Moreover, in oral traditions, the loyalty to the continuity of a tradition is particularly strong, for fear of losing the pearls of wisdom inherited from the ancestors. The main problem with such sources occurs at the tail end though, when scribes, usually from another culture and religion, render the material to fit their limited horizon of understanding and morality.

As for the comparative study across space, the geographical and cross-cultural distribution of myths, symbols and ideas has been discussed at a very early stage in anthropology (d’Alviella 1894, Campbell 1959). Similar ideas either appear independently in different places, or they spread along the trade routes and are adopted by new groups because they ‘resonate’ with them and have a bearing to their lives. During the Neolithic, a flourishing body of plant lore and plant mythology, as well as the cosmology of the World Tree spread with the new life style of agriculture and husbandry. The associations of single tree species in shamanism, myth, folklore and other customs bear many parallels across Europe and Asia (Hageneder 2001, de Cleene and Lejeune 2003).

ARCHAEOLOGICAL EVIDENCE

The Palaeolithic and Neolithic present two types of yew artefacts. The first comprises practical tools: hunting weapons, spears as well as bow and arrow, occur from the Palaeolithic period onwards. European finds include eight yew bows from excavation sites across north Germany, dating from the mid-sixth to the mid-third millennium

BCE, and with lengths up to 152cm (Beckhoff 1963), and the two oldest longbows, the Rotten Bottom bow from Scotland (about 6,000 years old, length estimated at c. 174cm), and the outstanding yew longbow found in the possession of the ‘Ice Man’ from the Tyrolean Alps near the Austrian–Italian border: it is 183.4cm long (its owner was only 160.5cm tall) and about 5,300 years old. The longbow should later develop into the medieval warbow, extensively used by the English army to defeat its neighbours and to lay the foundations of their Empire – causing the demise of the vast majority of European yew stands in the process (Hageneder 2007, ch. 23, 24).

Humans have always recognized the exceptional qualities of yew wood and since the Neolithic period used it for agricultural tools such as hoes, pokers (for sowing), harvest knives, hammers, axe handles, and saw frames or handles (for flint blades), and domestic tools such as plates, bowls of all sizes, spoons, ladles, buckets, boxes, chests, knives, cutting boards, needles and awls, and combs (Earwood 1993). Somewhat famous are the trackways on the Somerset levels and the Neolithic lake village on Lake Zürich, Switzerland, where 70% of the wood specimens consisted of hazel, silver fir or yew (Thomas and Polwart 2003, 514). To give an example from outside Europe, Native nations in western North America traditionally use yew as a material for bows, arrows, harpoons, canoe paddles, combs, needles, snowshoe frames, and the roots for basketry (Moerman 1998, 551-2).

The second type of prehistoric yew artefact is not related to physical sustenance but to the spiritual life of humankind. The Greystones pipes, discovered in May 2004 in Co. Wicklow, Ireland, comprise of six wooden pipes of different lengths which are not flutes but must have been part of a kind of organ or bagpipe (the development of the necessary ventilation system already in the Early Bronze Age was a great surprise for music historians). The site has been radiocarbonated to between 2120 BCE and 2085 BCE. This currently makes them the oldest wooden instruments in the world by about 1,000 years (while prehistoric flutes and whistles made of bone date back more than 100,000 years). Other ancient yew instruments from Ireland are a set of four curved pipes from Killyfadda, Co. Tyrone (400 BCE), the Began Horn from Co. Mayo and a short conical wooden horn from the River Erne in Co. Fermanagh, both 700 CE (Gowen 2004). The density of yew wood makes it indeed a type of wood favourable to music; 15th- and 16th-century documents reveal the protests of Bavarian lute-makers against the large-scale yew ecocide due to the medieval longbow trade (Scheeder 1994, 50).

In 1836, a group of anthropomorphic figures carved from yew wood was discovered at Roos Carr, near Withernsea in East Yorkshire. Five figures were recovered, together with a piece of wood resembling a boat with a prow in the form of a serpent’s head. The figures were enabled to stand upright because of holes

in the 'boat' into which their legs fit. The ensemble has been radiocarbon-dated to 600–500 BCE. Another anthropomorphic figure made of yew wood was found at Ralaghan, eastern Ireland. It is 113.5cm high and has been radiocarbon-dated to 1096–906 BCE. Because its left eye socket is less deeply cut than the right eye socket, a feature identical to Roos Carr figure 3, Bryony Coles, specialist in wooden artefacts at the University of Bristol, has linked these figures to Odin, or rather the prototype of the one-eyed shaman (Coles 1998, 169). The legs of the Roos Carr 'shaman' seem to fit best into the holes nearest the prow of the Roos Carr 'boat', which possibly indicates that this character was a kind of leader or guide to the group.

Such figures come from a shamanic context, one that engages with the human relationship with life and death, and the 'otherworld' or spirit world. The shamanic universe knows of dangers to the journey of the human soul and of guardians and protectors. Anthropomorphic wooden figures ritually serve to bring the power of 'shamanistic spirits guarding the road to the upper world' (Coles 1998, 169). Presently, eight isolated finds of anthropomorphic wooden figures on the British Isles have been made, the artefacts dating from the Neolithic to the Iron Age. Two of them are made of yew wood and, together with an even older figure made of Scots pine (found at Dagenham at the Thames estuary), they share not only the blinded left eye but they feature a pubic hole. While the oak figures, for example, are distinctly male, the yew figures could be rendered male or female, according to ritual purpose, by inserting a little pin. Is it a coincidence that yew is one of the few northern European tree species that is dioecious in general, and the species recently shown in a genetic research program conducted by the Mediterranean Forest DNA Bank to be able to perform a sex change of a single twig, a branch or the entire tree, in any age?*

[footnote] * 'Sex reversal is a reproductive strategy, genetically fixed at species level but expressed only by small (and usually struggling) populations, and foremost in populations at the boundaries of *Taxus* distribution. At the individual level, too, changing gender is a reproductive strategy that is performed when environmental conditions require change. Hence, monoecism of a single tree is not a permanent status but a momentary 'picture' that we take. Monoecism of a single tree may be the basic condition for *Taxus*, but it is only revealed in a short time frame and affected by environmental conditions.' (Hageneder 2013, 39f, after Vesella and Schirone 2011)

In her discussion, Coles concludes that 'it seems very likely that choice of wood species was deliberate, and significant for ritual rather than for functional reasons' (1998, 173). (This may also explain the 18 different kinds of wood in the possession of the Ice Man, while from our functional view point, four or five kinds of wood – light, flexible, straight, tough – would have been sufficient.)

Yew was also a widespread choice for protective charms carved on rune sticks, as a number of 6th- to 9th-century finds from the coastal regions of the North Sea suggest.

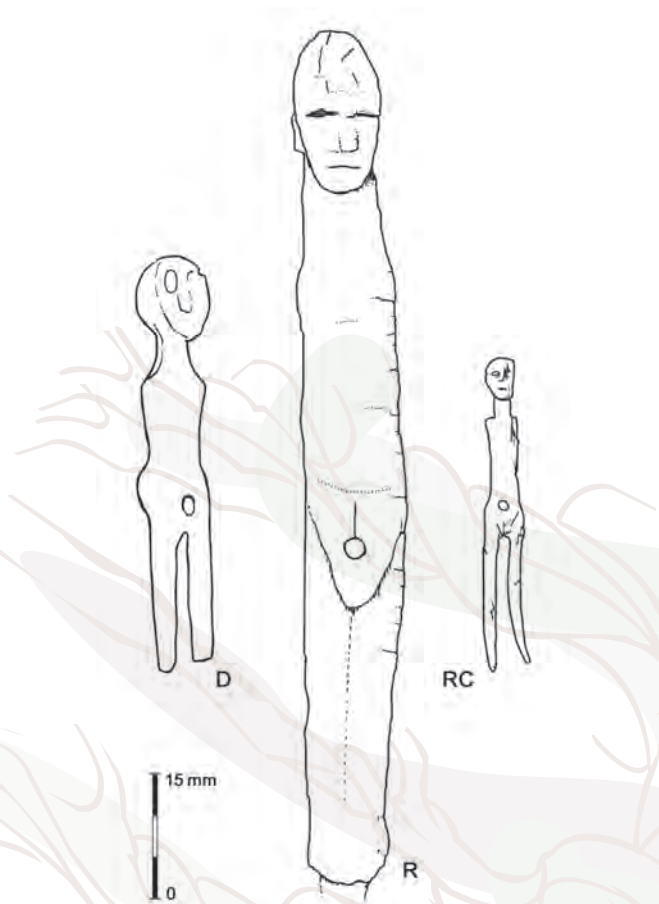


Fig. 1: Anthropomorphic wooden figures from the British Isles: Dagenham (pine), Ralaghan (yew) and Roos Carr (yew). (Redrawn by the author after Coles 1998).

In the oldest surviving set of runes, the Older Futhark, the rune *eiwaz* means 'yew' and symbolizes death and transformation. Similarly in Celtic Ireland, yew was the principal wood for carving *ogham* runes (Le Roux and Guyonvarch 1996, 184). In North America, Native tribes in the coastal areas where *Taxus* occurs have used yew wood for flutes and frame drums but especially for death masks, spirit whistles and ritual pipes (Moerman 1998, 552, Hageneder 2013, 15, 153). This represents another association of yew with spiritual guidance and with the honouring of the ancestors.

Furthermore, *Taxus* is present in a number of ancient tombs and temples. A golden armlet from a Celtic male burial at Rodenbach, Germany (late fifth century BCE, diameter 6.7cm) displays at its apex a human head crowned with five yew arils (Hageneder 2007, 204). The planting of yews in churchyards in Wales and England goes back at least to the early Middle Ages, but yew as part of burial customs in Britain is older than Celtic culture: R.S. Newall, FSA., found yew remains (leaves and wood) in barrow no. 85 in Amesbury, Wiltshire, dated c. 2000 BCE (ibid., 152). From the time of the Roman Empire onwards yew grave goods have been found in aristocratic graves in Denmark, Saxonia, Thuringia, Frankia, Slovakia, also in a Merovingian grave and in two Anglo-Saxon graves in England (Hellmund 2005).

Yew played a significant role in the burial rites of the Mediterranean cultures too. For the Romans, Etruscans and Hellenic Greeks, cypress and yew were the trees of mourning (*Cypressus* being more important in the coastal lowlands where it is too hot and dry for *Taxus*). Classical writers such as Lucan and Silius Italicus describe yew as sacred to the deities of the underworld, Silius Italicus as well as Seneca mention a huge yew tree standing by the underworld river. Ovid (43 BCE–17 CE) sums it up perfectly in his *Metamorphoses* (Liber quartus, 432–3): *The path is declining, shaded by mourning yews: / towards the infernal seats, through muted silence.*

In the Near East, yew wood was employed (together with cedar, pine and juniper) in the structure of the royal tomb at Gordion (the famous “Midas Mound”), the capital of ancient Phrygia (in modern eastern Turkey), which has been carbon-dated to about 590 BCE (± 60 years) (Kayacik and Aytug 1968). Yew wood is the material of three different sarcophagi from Ancient Egypt, probably from the Twelfth Dynasty (c. 2400 BCE), and of the gold-plated carving of a portrait of Queen Teye from the Eighteenth Dynasty (c. 1355 BCE) (ibid, 152, 205). *Taxus* did not grow in Ancient Egypt but its wood was sometimes traded, according to Theophrastus (*Enquiry into Plants*, iii, x, 2), for ‘cedar’ in the ancient Mediterranean timber trade. If the Egyptians did not buy it from Phoenician merchants they would have got it from one of their own timber raids into the Lebanon (Meiggs 1982, 63–8). The legendary woodlands around Mount Lebanon also supplied timber for the palace and the temple of King Solomon (cedar proper mostly, but also *almug*, probably yew) in Jerusalem, and also for the royal palace of Nineveh, the capital of Assyria. The wood from Lebanon is mentioned as ‘cedar wood’ in a palace inscription from Nineveh but a microscopic examination proved it to be yew wood (Henslow 1906, 49).

WRITTEN SOURCES

The oldest existing word for yew, *eya(n)*, appears in texts of the Old Hittite period, c. 1750–1500 BCE, preserved on cuneiform tablets found at Boghazköy (modern Turkey), and has been identified (after a long dispute by etymologists) by Puhvel in 1984. The *eya* or *eyan* tree, yew, is mentioned in a great number of Hittite cuneiform tablets, both in ceremonial and legal texts. Associated with the protective god Apulunas, a protector of gates, yew trees protected public and private houses: “at whose gate the yew-tree is visible [his house is free from imposts]”. (In classical Greece Apulunas became Apollo Agyieus who stood as a wooden pillar in front of houses to ward off evil.) In Hittite culture, yew functioned in a variety of rituals: “the yew tree which had been placed apart on the altars, the priest of Telipinu sets [it] up”; “before them shall stand a yew tree, as token of their being free”; “set up the yew tree for me and make me free!” Yew wood was used in ceremonial fires: “[he] kindles on the hearth; one [piece of] yew tree he holds with his right hand and

one with his left hand.” In Old Hittite myth, Telipinu, the son of the great storm-god and fosterer of agriculture, restores the fertility and well-being of the land and its people: “Before Telipinu there stands a yew-tree [eya]. From the yew is suspended a hunting bag (made from the skin) of a sheep “The text continues by listing the contents of the sheep skin which are symbols of “longevity and progeny”, of “plenty, abundance, and satiety” (all quotes from Hittite cuneiform tablets and texts from Boghazköy translated by Puhvel 1984, also in Hageneder 2007, 199, 205). The reception of these gifts of prosperity by the king on behalf of his people was periodically re-enacted in ritual (Haas 1977, 153). The classical Greek legend of Jason and the Golden Fleece most probably has its eastern origin here (Hageneder 2007, 206–8).

A connection of yew with kingship is also apparent in the archaic Celtic legends of northern Ireland. Dana, in other local dialects Danu, Ana, Aine, was an ancestral land-goddess of Ireland (*an*, “to nourish”). Dana is the mythical ancestor of the first generation of gods of Ireland, the Tuatha dé Danaan. She has three sons and one brother, all of which have yew names (e.g. Eogabal, “fork in a yew tree”, Uainide, “yew foliage”). Her brother Fer I, “man of yew”, is able to create a “yew tree of incredible beauty” out of nothing and in no time. Dana’s father, the great Dagda, “good god”, also bears a yew epithet: Eochu, “mighty”, derived from *wo-katu-s*, ‘who fights with yew’ (Le Roux and Guyonvarch 1996, 500–1). Ireland was abundant with *Taxus* in Classical times, hence its ancient name Ierne, ‘yew island’ (Pytheas, Diodorus Siculus, Strabo, in Cunliffe 2002, 94, 106). It seems that the Celtic invaders respected these ancient ‘yew deities’ from the very beginning. The dynasty that ruled Munster from the seventh to the tenth century CE, for example, was called the Eoganacht, and gained the political right to rule from their association with the sacred tree (Hageneder 2007, 208–9).

A distinct connection of yew with kingship also appears on the other end of Eurasia. The history of the monarchy in Japan is inevitably linked with that of the yew tree. According to legend, the top of Kuraiyama (Mt Kurai) in Gifu prefecture is the abode of the sun-goddess Amaterasu, the progenitor of the imperial bloodline. The divine right to rule is symbolized in the emperor’s sceptre, the *shaku*, an oblong staff made of yew wood grown on Kuraiyama. This tradition stretches from the time of Jimmu Tenno, Japan’s legendary first emperor to the current emperor’s inauguration ceremony in 1989. Hence, *Taxus* in Japanese is called *Ichii*, ‘number one rank’. In the language of the Ainu, the indigenous population of Japan, the word for yew, *Onco*, means ‘Tree of the bow’ and also ‘Tree of God’ (Hageneder 2007, 211, 220–11, 255).

In the Classical Greek myth, Jason and the Argonauts find the Golden Fleece in the land of Colchis in the foothills of the Caucasus. In medieval times, this country,

Georgia, was known as Iberia, 'yew land'. The Georgian name for *Taxus* still is *Chvaebis che*, 'God's tree'. The night before going into battle, the dukes of medieval Georgia traditionally slept on a bed of yew boughs – not taking the tree into battle like the Germanic warriors but spending on it what could be their last night on earth. The same custom has been reported in a Russian document about Igor Svyatoslavovich (1150–1202), Duke of Novgorod-Seversky (modern Ukraine) (Pridnya 2000).

The etymology of Northern myth is as yew-studded as that of Ireland. Asgard, the abode of the twelve Nordic divine powers is located in Idavelli, 'yew valley' (Scheeder 1994, 7), and protected by the river Ifing, 'yew river'; the names of two deities, Yngwinn and Ingun, might have developed from **Igwana-z*, 'yew-god', and **Ig-wano*, 'yew-goddess'; the divine archer Ullr conveniently lives in Ydalir, 'yew valley', and one of his epithets, Ivaldi, may be a form of *Iwa-waldan*, 'the husband of the yew (goddess)' or 'the deity ruling/working in yew' (Dumitru 1992, 93). The divine guardian of Asgard is Heimdallr whose name derives from *heim*, 'world', and *dallr*, 'tree'. Heimdallr is the 'World Tree' itself. The opening verse of *Voluspá*, the first poem in the Elder or Poetic Edda (committed to writing in the thirteenth-century Codex Regius), addresses the human race as the children of the World Tree. It states that the World Tree encompasses nine worlds (or levels of reality) and grows from nine yew roots: *Nío man ek heima, nío tviðir*, 'Nine worlds I remember, nine yew wood goddesses'.* *Vid* is Norse for wood, *ivid* is yew wood, but the subterranean context of the following line renders it 'yew roots'. In another Icelandic poem, *Heimdallargaldr*, 'Incantation of Heimdallr', Heimdallr himself says to be the son of nine mothers, all of whom are sisters. A third text, *Hyndluljóð*, 'Song of Hyndlu', states that 'one of the race of divine powers' is born from nine *tviðia*. Language scholar Ursula Dronke points out that this creation myth does not appear as a narrative legend, but instead is cited only briefly and 'articulates a religious mystery' (1997, 32). A mystery in which the Christian scribes naturally did not participate, hence the century-old confusion about the Nordic World Tree supposedly being an ash, *Fraxinus* sp. (discussed in Hageneder 2007, 218, and Hageneder 2013, 145-9).

[footnote] * The number nine is of paramount significance in many shamanic traditions, e.g. in ancient Anatolia, Celtic, Anglo-Saxon and early Greek cults and in ancient Chinese (Taoist) tradition. The Siberian Buryat shaman's career involves nine successive initiations.

Odin visits the World Tree twice. In one journey he goes to the well at the foot of the World Tree for a drink of the 'magic mead'. For this partaking in mystical knowledge Odin sacrifices one of his eyes. In another quest for higher knowledge he hangs in the Tree for nine days and nine nights. This is reminiscent of the shamanic vision quests of Native tribes in North America, in which traditions extreme physical exhaustion and deprivation eventually lead to an altered state of consciousness. In his

quest, Odin receives the rune lore* in 'nine lays of power' and subsequently shares it with the humans (*Havamál*, in Hageneder 2001, 121, Doht 1974).

[footnote] * The runes are not a mere alphabet but a set of symbols for divination (similar to the Chinese I Ging or the Kabbalistic tradition within Judaism which attributes a meaning and a numerical value to each letter of the Hebrew alphabet).

But the deities associated with *Taxus* have by no means all been male. Freyja was a popular Germanic goddess, a divinity of nature and the wilderness who presided over fertility and birth as well as over spinning and weaving (Davidson 1998, 104). But most of all Freyja appears in the texts as the arch-witch, the mistress of *seidr*, the shamanic art of northern tradition. *Seidr* was a 'professional exercise ... designed to learn the unknown ... by communication with spirits and by the exploration of their world' (Dronke 1997, 133). Freyja's power lies in the realm of transformation. She was the divine patroness of brewing beer and the sacred mead in Iceland and Scandinavia. And in addition to combining solar and terrestrial links (as the Irish Dana, above), she is a chthonic deity, too: the goddess of love as well as of death (like Aphrodite): 'until I come to be with Freyja' meant until one is dead (Davidson 1998, 176). Originally it was she who received the souls of the dead, only much later, in Viking times, did the warrior aristocracy propagate the idea of half the share of the dead for Odin's warrior hall, Valhalla. But still then, 'the unfailing killing power of Odin' as battle god was counterbalanced by the 'unfailing regenerative power of Freyja' (Dronke 1997, 44). Freyja in the guise of Idun (Iduna) (Davidson 1993, 73, 107) is the daughter of Ivaldi, 'the deity ruling in yew' (Diederichs 1984, 179), she can transform herself into a nut (seed) and regenerate herself from it, and she is the goddess who supplies the apples of eternal youth to the Asir, that is, she knows the secret of regeneration. In European as well as in Hittite texts, 'apple' denotes any red fruit, including yew arils (Hageneder 2007, 132, 144).

Freyja's counterpart in Greece was Artemis, the goddess of the wilderness as well as of childbirth. She was the most popular goddess in rural Greece, but her worship in Crete and on the Greek mainland is clearly pre-Hellenistic. Her main sanctuary in the Peloponnese, the Artemision, was located in a yew grove, and another yew grove was consecrated to her by the inhabitants of the Greek colony of Massalia (modern Marseille; Ste Baume still is France's largest yew wood, now associated with local legends about Maria Magdalena). Even Hellenic sources did not conceal the eastern origins of Artemis and her brother Apollo, they were the children of the Anatolian goddess Leto who gave birth beneath a sacred (yew) tree at Ephesos. Like her brother Apollo, Artemis hunts in the bow (compare bows, above), and not only animals: she revenged senseless killing or cruelty to animals by shooting the culprits. This links Artemis to the Furies (Erinyes), the

agents who ensured the fulfilment of the decrees of the Fates. By Hellenistic times the Furies were much feared as frightening wild women swaying burning torches of yew wood and punishing human breach of (divine) law with yew poison (Cook 1925, 41–2.).

The Fates (Moirai) in turn, also called the Graces, weave the fates of man and all beings into the great tapestry of creation. Hence they have been envisaged as spinning and weaving (like Freyja, above). The Fates are daughters of ‘Lady Necessity’ (Plato) who turns the spindle of the entire solar system in her lap, and with the planets moving in their orbits, they join the music of the spheres: Lachesis, the ‘measurer’, sings of the past; Clotho, the ‘spinner’, sings of the present; Atropos, ‘she who cannot be turned, or avoided’, sings of the future (*Ol. II*, 71, in Bowra (tr.) 1969). Greek sources do not identify this cosmic axis (Necessity’s spindle) with the World Tree, but Nordic ones do. The northern fates are the Norns who have set up a loom of equal proportions, which incorporates the sun as the solar shuttle moving the weft from east to west, and the Pole Star to which the warp is aligned as an unbreakable cord. The Norns are three immortal women who live by the primeval spring of life at the foot of the World Tree. Their names are Urd (Anglo-Saxon Wyrð, see Discussion), Skuld, ‘fate’, and Werdandi, ‘becoming’. The material on the Norns (who affected everyone but also ‘shaped the life of the prince’, *Helgakvída Hundingsbana*, a poem in the Poetic Edda, quoted in Davidson 1998, 119) and on Freyja gives clues to the former spiritual and political importance of a great goddess of the north, and her power to determine the rise and fall of kings (*ibid.*, 182). Just like the gifts of the ‘throne-goddess’ as decreed by the Hittite fates, the ‘infernal, the ancient goddesses’ who knelt and spun the fates of man in the ancient forest near the Anatolian Black Sea coast (today the location of the world’s last monumental yew trees, Hageneder 2007, 206, 215). The Hittite cuneiform tablets are about three thousand years older than the Icelandic scriptures.

The yew associations of other deities (e.g. Zeus, Apollo, Venus/Aphrodite, Diana, Ashtarte) and further parallels with Japanese and Chinese myth cannot be discussed here.

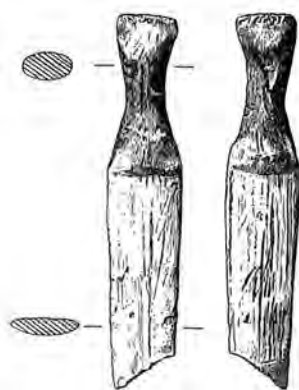


Fig. 2: One of the obscure “weaving knives” made of yew wood, excavated in Neolithic sites in Switzerland, 9.9cm long. (After Müller-Beck 1991) 36-6 + 37-6

PETROGLYPHS AND IMAGERY

Before the invention of writing could preserve religious concepts or the names of deities there was imagery. Coniferous twigs in cave paintings go back to the Paleolithic. The ‘branch motif’ in the history of art appears as early as the oldest pottery (Hassuna period, c. 5750 bce), and a number of terracotta objects dating from the Old to the Young Stone Age and found across Europe, show female figures decorated with what appears to be twigs of yew, especially around their genitals. These may well represent the early beginnings of the Iron Age yew-birth-goddesses described above, but caution is called for. There can be, of course, no proof that these coniferous twigs were ever meant to be *Taxus*. On the other hand, these needles are never as long as in *Pinus*, or spirally attached as in *Picea*, or arranged in rosettes as in *Cedrus*, but short and neatly parted along the twig, just like those of *Taxus baccata*. Furthermore, the geography of this ancient art is congruent with the distribution maps of yew. Thirdly, any other needle branch bar the soft yew would just be too prickly lying on your naked loins. And last not least, some of the images combine the needle branch with round circles/balls/fruits which could well represent yew arils but not conifer cones.

The problem is that for over a century now, archaeology has obscured these finds of herringbone patterned twigs under the label ‘palmette’ which indicate a spray of a date palm tree (*Phoenix dactylifera*), owing to the 19th century when the primary association that anthropologists had regarding sacred trees was that date palm fronds had been used to greet Jesus Christ as he rode into Jerusalem. Also, palm fronds are far too large to decorate the pubic area.

If the Stone Age figurines were indeed goddesses at the time, or just portrayals of human mothers or, as some suggested, only dolls for young Stone Age girls, does not matter in our context. The point is there is an association of an evergreen conifer with the miracle of birth-giving.



Fig. 3: The sacred branch motif: a) in Hittite seals; b) on pottery from Troy; c) on votive spindles from Troy, terracotta, c. 2100–1900 BCE. (Hageneder 2007) 36-6 + 37-6

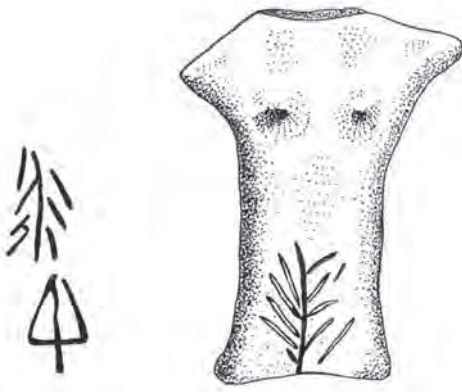


Fig. 4: Needle-bearing branch and vulva: cave painting in La Mouthe, France, late Palaeolithic (top left); terracotta figurine from Jela, Serbia, c. 5200. (Hageneder 2007) 34.11



Fig. 5: The decoration on this urn shard from the third century BCE, Etruria (Marche, Italy) portrays perfectly the local phenotype of *T. baccata* with its unusually long linear shoots. (Hageneder 2007) 31.2

DISCUSSION

Besides daily sustenance, seeking knowledge has been another crucial aspect of human evolution in which trees have played a prominent role. In various cultures trees have been associated with the art of writing. For example, the sacred Sanskrit texts of India are called the Veda, 'leaves', and they represent the leaves of the World Tree, Brahman (*Bhagavad-Gita*, xvi, 1). In ancient Egypt, the deeds of the pharaoh were recorded by writing them onto the leaves of the immortal Persea tree (Hageneder 2001, 50). In western Europe, writing is said to have begun on tablets (and/or at tables) of beech wood, hence the words for beech and book are related in the Germanic language group. Around the globe, myths, legends, stories and poems have celebrated trees as bringers of knowledge and wisdom. All in all, trees became an archetype of teachers and mentors, like transpersonal guardians and custodians of a deeper wisdom that has the power to align man with a greater whole.

In the Sun Dance of the Sioux nations, the cottonwood (*Populus deltoides*) represents the World Tree and the dancers deepen their relationship to it. Across Finland, Russia and Siberia, birch (*Betula* sp.) is the shamanic World Tree. In Asia, pipal (*Ficus religiosa*) is called in Buddhist tradition the *Bodhi* tree, 'Tree of Awakening'. But yew, although less known today, is the only species that on all three continents of the northern hemisphere appears in a shamanic context as a 'guardian of the gates'. Its connection with birth rites and death rites, and with communication with the great beyond seem to be universal.

Today we speak of sustainability when we strive for a greater balance (or any balance at all) with the planet. That man must tread carefully on Earth has been known by many cultures before us. In Classical Greece, the frightening Furies waving their burning yew torches provided an intense image for an inherent punishment for environmental misconduct. Long before that, when humans still felt they had a balance with the environment the Furies had been called the Eumenides, 'the Kindly Ones'. But the public sense of this changed and eventually the 'growing sense of guilt' (as Dodds called it already in 1951) of a later age transformed the understanding of their activity into one of punishment, and the Kindly Ones themselves into ministers of vengeance.

Odin as the archetypal shaman tried to spare his peoples such horrors, by guiding them wisely. His World Tree myths (which are blueprints for re-enacting rituals) are primarily concerned with the alteration and development of human consciousness, and the acquisition of higher knowledge (wisdom, clairvoyance, rune lore) which enables the individual, or at least the local shaman, to lead a life more successful and in balance with the forces of nature. In Northern cosmology, the World Tree is the centre of Anglo-Saxon Wyrð, Norse Urd, an essential concept that can be translated as 'fate, power, prophetic knowledge' but actually refers to the foundation of all

existence, the force behind all life. It suggests a view of the cosmos in which everything is interconnected by a kind of multidimensional web (Bates 1996). Hence the symbolic significance of weaving.

How the ancient concept of sacredness of a natural phenomenon such as a tree species has a direct environmental impact can be seen in the case of medieval Georgia: *Taxus* had been a sacred tree in Georgian customs long before Queen Tamara in the 12th century decreed the yew stands of her country untouchable. And her decree succeeded in protecting them for many centuries, until the majority finally fell in the 19th century for export to shipbuilders in Turkey, Greece and Italy. The remaining stands still represent the largest virgin mixed woodland (Taxo-Fagetum) in the world that contains substantial populations of *Taxus* of all ages, including ancient ones. It is now located in two national parks, and the Georgian Ministry of the Environment is preparing an application for World Heritage status with the UN (Hageneder 2013, 121, 177-9). But without Queen Tamara, and the ancient sacred status of yew that she preserved, probably nothing would have been left today. In Japan, the most remarkable ancient yews are protected and deemed sacred in Shinto shrines. In parts of Britain and Spain, the ancient links of yew with sanctuaries and with funeral customs have led to their incorporation in Christian churchyards which have protected the majority of ancient yews in these countries from the turbulent Middle Ages. Despite this, ancient yews in Britain today have no legal protection at all.

Myth, ritual and other spiritual traditions always had an impact on the conservation of local eco systems and key species. And still do. In 2003, WWF International and the Alliance of Religions and Conservation (ARC) launched a programme to acknowledge the importance of 'sacred sites' within the conservation world (Dudley *et al.* 2005). Shortly after, the International Union for the Conservation of Nature (IUCN) formed a specialist group on Cultural and Spiritual Values of Protected Areas (CSVPA) which, jointly with UNESCO, developed a set of guidelines to raise awareness about and strengthen the governance of sacred natural sites around the world (Wild and McLeod 2008). So far, sadly, this has had no bearing on yew protection in western Europe, as the Church and the governments in Britain or Spain would not accept native yew conservationists as 'indigenous', although yew has been a 'sacred tree' in every culture that came in contact with it.

CONCLUSION

This short paper can only show a small part of the mythological and psychological connections between the yew tree and human culture. Throughout the ages, yew has been linked to all areas of human life, but the greatest weight occurs in the philosophies and cosmologies

regarding birth, death, rebirth, transformation and the human quest for spiritual growth and higher levels of consciousness. This paper may suffice to illustrate that yew has been present in these areas to an extraordinary degree; it would be difficult to gather material on an equal scale for any other Eurasian tree species. Clues that point to the possibility that *T. baccata* was the original World Tree as partially described in surviving texts from Scandinavia, ancient Sumer, Persia and India are ripe for further investigation.

REFERENCES

- BATES, BRIAN (1996). *The Wisdom of the Wyrd – Teachings for Today from Our Ancient Past*, London, Rider.
- BECKHOFF, K. (1963). "Die Eibenholz-Bogen vom Ochsenmoor am Dümmer", *Die Kunde*, 1963, 63–81.
- Bowra, C.M. (tr.) (1969). *Pindar: The Odes*, London, Penguin Classics.
- BRANDE, ARTHUR (2009). 'Die Aeltesten Speere: Nicht aus Eibenholz', in *Der Eibenfreund*, 15 (Markgroeningen, 2009), 205–6.
- CAMPBELL, JOSEPH (1959). *The Masks of God: Primitive Mythology*, New York, Penguin Compass.
- COLES, BRYONY (1998). 'Wood species for wooden figures: a glimpse of a pattern', in Gibson *et al.* (1998), 163–73.
- COOK, ARTHUR BERNARD (1925). *Zeus – A Study in Ancient Religion*, vol. 2, Cambridge University Press.
- d'Alviella, Count Eugene Goblet (1894). *The Migration of Symbols*, Westminster, Constable.
- DAVIDSON, HILDA E. (1993). *The Lost Beliefs of Northern Europe*, London/New York, Routledge.
- (1998). *Roles of the Northern Goddess*, London/New York, Routledge.
- DE CLEENE, MARCEL AND LEJEUNE, MARIE CLAIRE (2003). *Compendium of Symbolic and Ritual Plants in Europe*, vol. i: Trees and Shrubs. Ghent.
- DODDS, E.R. (1951). *The Greeks and the Irrational*, Berkeley and Los Angeles, University of California Press.
- DOHT, R. (1974). *Der Rauschtrank im germanischen Mythos, Wiener Arbeiten z. germanischen Altertumskunde und Philologie 3*, Vienna, Halosar.
- DRONKE, URSULA (1997). *The Poetic Edda, vol. 2: Mythological Poems*, Oxford University Press.
- DUDLEY, NIGEL ET AL. (2005). Beyond Belief – Linking Faiths and Protected Areas to Support Biodiversity

Conservation. Gland, WWF and Alliance of Religions and Conservation.

DUMITRU, A. (1992). “Die Eibe (*Taxus baccata* L.)- Eine botanisch-ökologische sowie medizinische und kulturhistorische Betrachtung”, diploma in Forest Science, University of Munich.

EARWOOD, CAROLINE (1993). *Domestic Wooden Artefacts in Britain and Ireland from Neolithic to Viking Times*, University of Exeter Press.

GIBSON, ALEX AND SIMPSON, DEREK (eds) (1998). *Prehistoric Ritual and Religion*, Stroud, Sutton.

Goudsblom, J. (1994). *Fire and Civilization*. Penguin, London.

HAAS, VOLKERT (1977). *Magie und Mythen im Reich der Hethiter*, vol. 1, Hamburg, Merlin.

HAGENEDER, FRED (2001). *The Heritage of Trees – History, Culture and Symbolism*, Floris, Edinburgh.

— (2007). *Yew – A History*, Stroud, Sutton.

— (2013). *Yew*, Reaktion, London.

HELLMUND, MONIKA (2005). “Geböttcherte Eibenholzeimer aus der römischen Kaiserzeit - Funde von Gommern, Ldkr. Jerichower Land, Sachsen-Anhalt”, *Der Eibenfreund*, 12, 157–64.

HENSLOW, GEORGE (1906). *Plants of the Bible*, London, Samuel Bagster.

KAYACIK, HAYRETTIN AND AYTUG, BURHAN (1968). “Gordion Kral Mezari'nin Agac Malzemesi Üzerinde Ormancilik Yönünden Arastirmalar”, A, 18, University of Istanbul

LARSON, DOUG ET AL. (2004). *The Urban Cliff Revolution – New Findings on the Origins and Evolution of Human Habitats*, Ontario, Fitzhenry & Whiteside.

LE ROUX, FRANÇOISE AND GUYONVARCH, CHRISTIAN-J. (1996). *Die Druiden*, Engerda, Arun.

MEIGGS, RUSSELL (1982): *Trees and Timber in the Ancient Mediterranean World*, Oxford Univ. Press.

MOERMAN, DANIEL E. (1998). *Native American Ethnobotany*, Portland OR, Timber Press.

MOZLEY, J.H. (tr.) (1998). *Valerius Flaccus – Argonautica*, Loeb Classical Library, Cambridge, MA/London, Harvard University Press.

MÜLLER-BECK, H. (1991). “Die Holzartefakte”, in: Waterbolk, H.T. and van Zeist, W. (eds) (1991). *Niederwil: Eine Siedlung der Pfynen Kultur, vol. 4: Holzartefakte und Textilien*, Bern, Academica Helvetica, 13–233.

PRIDNYA, MIKHAIL (2000). ‘Eibenvorkommen im Kaukasus’, *Der Eibenfreund*, 7(Markgroeningen), 28–9.

PUHVEL, JAAN (1984). *Hittite Etymological Dictionary*, vols 1–2, Berlin/New York/Amsterdam, Mouton.

SCHEEDER, THOMAS (1994). *Die Eibe (Taxus baccata L.) – Hoffnung für ein fast verschwundenes Waldvolk*, Eching, IHW.

THOMAS, P.A. AND POLWART, A. (2003). ‘Biological Flora of the British Isles. *Taxus baccata* L.’, *Journal of Ecology*, 91: 489–524.

VESELLA, FEDERICO AND SCHIRONE, BARTOLOMEO (2011): ‘Regeneration Processes and Sexual Behaviour of Yew Populations in Italy’, *Der Eibenfreund*, 17 (Markgroeningen), 69–84.

WILD, R. AND MCLEOD, C. (Editors) (2008). *Sacred Natural Sites: Guidelines for Protected Area Managers*. Gland, Switzerland, IUCN.

Estudio del contenido de taxol y actividad farmacológica de *Taxus globosa* Schltdl. y *Taxus baccata* L.

LIDIA OSUNA-TORRES^{1*}, XAVIER GARCÍA-MARTÍ², ELSA VENTURA-ZAPATA³, JAVIER LÓPEZ-UPTON⁴, ALEJANDRO ZAMILPA-ÁLVARES¹, MANASES GONZÁLEZ-CORTAZAR¹, MARIBEL HERRERA-RUIZ¹, NADIA TAPIA-BARRERA¹

¹Centro de Investigación Biomédica del Sur, Instituto Mexicano del Seguro Social. Calle Argentina 1, Colonia Centro. C.P. 62790. XOCHITEPEC, MORELOS (MÉXICO)

²CIEF, VALÉNCIA, ESPAÑA

³CEPROBI-IPN, YAUTEPEC, MORELOS (MÉXICO)

⁴Colegio de Postgraduados, TEXCOCO, Edo. de MÉXICO (MÉXICO).

*osunalidia@yahoo.com

RESUMEN

Taxus globosa Schltdl. (Taxaceae) es la única especie del género *Taxus* que crece en México, es conocida como tejo mexicano y comparte con la especie europea *Taxus baccata* L. la capacidad de producir taxanos que son los marcadores del género, entre ellos el taxol. A diferencia del tejo europeo, en *T. globosa* los taxanos se acumulan principalmente en el follaje y en menor proporción en la corteza. Estos metabolitos secundarios son compuestos de origen diterpénico que tienen una importante actividad anticancerígena. Debido a su reducido tamaño poblacional, baja capacidad reproductiva y distribución geográfica restringida el tejo mexicano es un árbol protegido por la SEMARNAT (Gobierno Mexicano). No obstante, a la fecha no existe un programa agrobiológico o biotecnológico encaminado a un uso sostenible que incluya la conservación y la domesticación de la especie. Debido a la importancia del género como productor de metabolitos de importancia farmacológica y a su relevancia ecológica, el presente trabajo tuvo como objetivo realizar un análisis químico a través de la cuantificación del taxol en el tejo mexicano y comparar dicho contenido con el tejo europeo (*T. baccata*).

Muestras representativas de diferentes localidades de varios estados de México fueron obtenidas; además de contar con muestras del tejo europeo de 18 localidades (14 de España y una de Francia, Italia, Portugal y de Marruecos). Se realizó además un estudio de la actividad anti-inflamatoria usando la prueba de edema auricular en ratón, inducido con 12-O-tetradecanoilforbol-13-acetato (TPA) de aquellos extractos provenientes de los dos tejos, los cuales se seleccionaron de acuerdo al mayor contenido metabólico.

El taxol se detectó en tres muestras de los tejos mexicanos, colectados en el Estado de Hidalgo, por otro lado los ejemplares de tejo europeo no presentaron concentraciones detectables del compuesto. En esta prueba

se observó que una dosis alta de 3,2 mg/oreja, *T. baccata* induce una inhibición del edema de alrededor del 50 %, sin diferencia estadística con ninguna de las muestras de tejos. Finalmente, se realizó un estudio de toxicidad aguda por clases (OCDE) del extracto metanólico del tejo mexicano. La administración de las diferentes dosis del extracto metanólico de *T. globosa* en la prueba de toxicidad aguda, sólo provocó síntomas leves asociados a una depresión general del Sistema Nervioso Central (SNC), sin ser letal.

PALABRAS CLAVE

Taxus globosa, *Taxus baccata*, taxol, actividad anti-inflamatoria, toxicidad aguda de *T. globosa*.

ABSTRACT

Taxus globosa Schltdl. (Taxaceae) is the only species of the genus *Taxus* growing in Mexico, is known as Mexican yew and share with the European species *Taxus baccata* L. the ability of producing taxanes which are markers of the genus, including Taxol®. Contrary to the European species, in *T. globosa* taxanes are accumulated mainly in the leaves and to a lesser extent in the bark. These secondary metabolites are diterpene compounds having an important anticancer activity. The Mexican yew is a tree protected by SEMARNAT (Mexican Government) because of its small population, low reproductive capacity and restricted distribution. Despite these conditions, to date there is no agrobiological or biotechnology program to preserve and/or domestication of the species in its habitat. Due to the importance of this tree as a producer of metabolites of pharmacological importance and its ecological relevance, the present study aimed to perform a chemical analysis through quantification of Taxol® in the

Mexican yew and compare the content with the European yew (*T. baccata*). Representative samples from different locations in several states of Mexico were obtained; addition to samples of European yew 18 locations (14 in Spain and one from France, Italy, Portugal and from Morocco). A study of the anti-inflammatory activity test using the mouse ear edema induced by 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate (TPA) of those extracts from the two yew species, which were selected according to the its highest metabolic content. It was observed in this test that a high dose, 3.2 mg / ear, *T. baccata* induces edema inhibition of about 50 %, with no statistical difference in any of the yew samples. Finally, an acute toxicity study was performed in classes (OECD) of the methanol extract of the Mexican species. The administration of different doses of methanol extract of *T. globosa* in the acute toxicity test caused only mild general symptoms associated with Central Nervous System (CNS) depression, without being lethal.

KEY WORDS

Taxus globosa, *Taxus baccata*, Taxol, anti-inflammatory activity, acute toxicity of *T. globosa*.

INTRODUCCIÓN

El género *Taxus* pertenece a la familia Taxaceae, el cual comprende ocho especies distribuidas en el hemisferio norte (Figura 1); la importancia de este género se debe principalmente a que producen compuestos de origen diterpénico llamados taxanos cuya producción varía según la especie, y que presentan importante actividad anticancerígena, siendo el Taxol® **el más activo**.

El taxol actúa inhibiendo la despolimerización de los microtúbulos en la división celular, afectando la multiplicación de las células derivadas de cáncer de: mama, ovario, pulmón y Sarcoma de Kaposi (SCHIFF & AL., 1979; SCHIFF & HORWITZ, 1980; LEGHA & AL., 1990; O'SHAUGHNESSY & COWAN, 1994; ARBUCK & BLAYLOCK, 1995).



Figura 1. Distribución geográfica de las especies del Género *Taxus*

Debido a la importancia del género como productor de metabolitos de importancia farmacológica y a la relevancia ecológica, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo realizar un análisis químico a través de la cuantificación del taxol en el tejo mexicano y comparar dicho contenido con el tejo europeo (*T. baccata* L.). Se realizó además un estudio de la actividad anti-inflamatoria usando la prueba de edema auricular en ratón, inducido con 12-O-tetradecanoilforbol-13-acetato (TPA), de aquellos extractos provenientes de los dos tejos, los cuales se seleccionaron por TLC de acuerdo al mayor contenido metabólico. Finalmente se realizó una prueba de toxicidad aguda por clases (OCDE) del extracto metanólico de *T. globosa*.

TAXUS GLOBOSA (TEJO MEXICANO)

En el continente americano se distribuyen cuatro de las especies del género *Taxus*: *T. brevifolia* Nutt., *T. canadensis* Marshall, *T. floridana* Nutt. Ex Chapm. y *T. globosa* Schtdl. En México a *T. globosa* se le conoce con los nombres de tejo mexicano, romerillo, granillo, palmira o tlascatl, es un árbol dioico que mide de 6 a 12 m de alto, con un tronco muy ramificado y corteza escamosa de color café claro. Las hojas jóvenes se distribuyen en espiral y cuando maduran se disponen aplanadas y lineares, miden hasta 3,5 cm de largo con el extremo terminal agudo y la base angostada en un pecíolo corto, con los márgenes ligeramente enrollados hacia arriba, verde oscuras en el haz, más claras en el envés. Los conos masculinos axilares se sitúan en la parte inferior de las ramillas. Los conos femeninos se presentan solitarios en las axilas de las hojas, rodeados por varias brácteas membranosas de color verde. Las semillas son ovoides y gruesas de 6 a 7 mm de ancho, cubiertas parcialmente por un arilo carnoso de color rojo (ZAMUDIO, 1992; ZAVALA-CHÁVEZ & AL., 2001; ZAVALA-CHÁVEZ, 2002) (Figura 2). La época de floración ocurre de enero a marzo y fructifica de agosto a noviembre; su regeneración natural se basa en semillas, la que es difícil artificialmente; aunque produce brotes del tallo, lo que hace posible su propagación vegetativa (MUÑOZ-GUTIERREZ & AL., 2009; RAMÍREZ-SÁNCHEZ & AL., 2011).

Habita en bosque mesófilo de montaña, de pino y oyamel, generalmente en el fondo de cañadas húmedas, en altitudes entre 1.000 y 3.000 msnm. (ZAVALA-CHÁVEZ, 2001) (Figura 3). Este árbol se distribuye en el noreste, centro y sur de México, en los estados de Tamaulipas, Nuevo León (donde están las poblaciones de mayor tamaño), San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Veracruz, Oaxaca y Chiapas.

Por sus características biológicas es considerado en la categoría oficial de conservación de especies sujeta a protección especial incluida en la Norma Oficial Mexicana NOM-059 (NORMA OFICIAL MEXICANA NOM - 059 -SEMARNAT (2010), por lo que se requiere

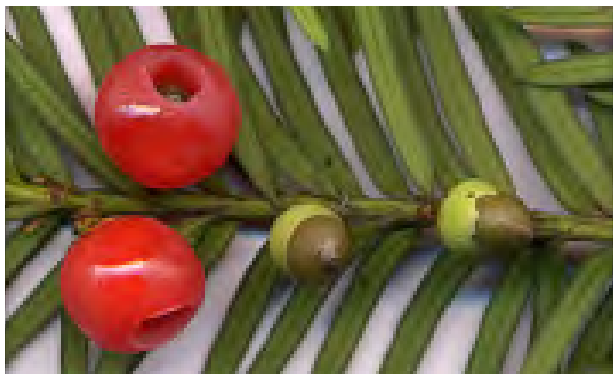


Figura 2. Frutos y ramas del tejo mexicano (*T. globosa*)

estudiarla para fines de protección, propagación, conservación y posible cultivo (ZAVALA-CHAVEZ, 2002). Los estudios químicos de la especie se han realizado principalmente a partir de ejemplares recolectados en el estado de Hidalgo, sin que exista a la fecha datos publicados de ejemplares de otras zonas del país principalmente de tipo comparativo entre ellas, no hay reportes de evaluación ontogénica ni estacional de la especie. Se ha reportado la producción de taxol en corteza (0,0085 %), hojas (0,0130 %) y tallo (0,0064 %) de *T. globosa* observándose una mayor acumulación en el follaje que en la corteza (SOTO & AL., 2000). También se han identificado otros metabolitos secundarios como son: β -sitosterol, β -sitosteril- β -D-glucosidasa, ácido vanílico y un per acetil taxano nombrado como 5 α , 7 β , 9 α , 10 β , 13 α -pentaacetoxi-4(20), 11-taxadieno (7 β -acetoxi-taxusina, 2) (GUERRERO & AL., 2000).

En Holanda VAN ROZENDAAL & AL. (2000), reportan la producción de taxol y taxanos relacionados en diferentes especies de *Taxus*, en el que incluyen al tejo mexicano *T. globosa* como una de las especies de mayor contenido de taxol y de sus precursores, los cuales se pueden convertir químicamente con relativa facilidad como por ejemplo en cultivos de *T. baccata* L. (BENTEBIBEL & AL., 2005), *Taxus canadensis* (NIKOLAKAKIS & AL., 2000), el híbrido llamado *T. media* (*Taxus baccata* x *T. cuspidata*) (BONFILL & AL., 2003) y *T. wallichiana* Zucc., (NAVIA-OSORIO & AL., 2002; VAN ROZENDAAL & AL., 2000).

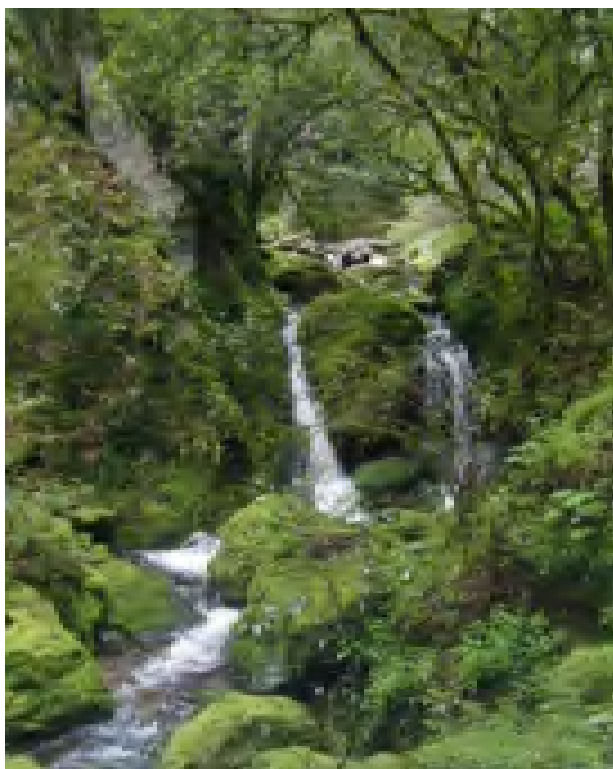


Figura 3. Hábitat de montaña donde crece el tejo mexicano en el estado de Hidalgo (México)

TAXUS BACCATA (TEJO EUROPEO)

Árbol dioico de hoja perenne que alcanza los 20 m de altura. Tiene una copa piramidal amplia, con ramas horizontales o algo colgantes, especialmente en la terminación. La corteza es pardo-grisácea. Las hojas, de 10 – 30 x 1,5 – 3 mm, son algo coriáceas, verde oscuras en el haz y verde amarillento en el envés; se disponen helicoidalmente en las ramas, aunque tienden a estar en el mismo plano; son lineares, planas o ligeramente enrolladas en el borde, y finalizan en punta córnea; tienen un peciolo corto. Las flores son unisexuales, pequeñas de color verdoso y solitarias. Las masculinas aparecen formando conos en las axilas de las hojas, son globosas, con 6-14 escamas peltadas cada una con 4 -8 sacos polínicos. La semilla, de 6 -7 mm, es ovalada y está cubierta en su mayor parte por un disco carnosos, el arilo, que se abre en la parte superior; de color verde que pasa a rojo en la madurez. Florece entre marzo y abril. El tejo vive en sitios frescos, húmedos, sombríos, generalmente laderas umbrías y barrancos, y soporta bien el frío, pero no las heladas tardías; en suelos de preferencia calizos (CORTES & AL., 2000). Dada la importancia de la especie ha sido un objetivo prioritario la conservación de la misma, es por ello que se han desarrollado diferentes bancos de germoplasma, así como se han implementado programas de conservación principalmente estableciendo colecciones clonales vivas, una de ellas ubicada en el Centro para la Investigación y Experimentación Forestal (CIEF) de la Comunidad Valenciana (España) (GARCIA-MARTÍ, 2007) (Figura 4).



Figura 4. *Taxus baccata* L.

MATERIALES Y MÉTODOS

SELECCIÓN DE LAS MUESTRAS DE *T. GLOBO-SA*

Se realizó la recolecta del material vegetal durante el mes de octubre del 2011 en ocho localidades (Tabla 1), correspondiente a cuatro estados mexicanos: Nuevo León, Querétaro, Hidalgo que es donde ocurre la mayor presencia de ejemplares del tejo mexicano y en Oaxaca (Tabla 1).

Localidades	Municipio, Estado
Zona Norte	
1) La Yerbabuena	Gral. Zaragoza, Nuevo León
2) La Encantada/Maquina	
3) La Tinaja	
Zona Centro	
4) Cañada de Agua Fria	Pinal de Amoles, Querétaro
5) Cañada Los Granadillos	
6) Cañada Los Ayacahuites	Mineral El Chico, Hidalgo
7) Pueblo Nuevo	Mineral del Monte, Hidalgo
Zona Sur	
8) Cañada de Torres	Santa María Yavesía, Oaxaca

Tabla 1. Ubicación de las localidades de recolecta de *T.*

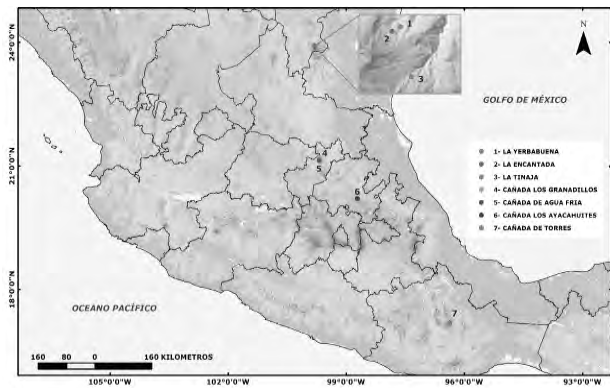


Figura 5. Ubicación geográfica de las zonas de muestreo de *T. globosa* en México.

***globosa* en México**

Las muestras de tejo se clasificaron para su identificación y análisis químico, en la Tabla 2 se mencionan las principales características de los ejemplares recolectados.

SELECCIÓN DE LAS MUESTRAS DE *T. BACCA-TA*

Los ejemplares del tejo europeo provienen de una colección clonal viva que se encuentra ubicada en el Centro para la Investigación y Experimentación Forestal (CIEF) de la Comunidad Valenciana (España). En la Tabla 3 se muestran las poblaciones y países de origen, de las muestras que fueron seleccionadas para su estudio.

Los ejemplares del tejo europeo provienen de una colección clonal viva que se encuentra ubicada en el Centro para la Investigación y Experimentación Forestal (CIEF) de la Comunidad Valenciana (España). En la

Tabla 3 se muestran las poblaciones y países de origen, de las muestras que fueron seleccionadas para su estudio.

CLAVE	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA Y ZONA DE RECOLECTA
MX1	AYA 43	Árbol adulto con número de identificación 43, Mineral El Chico, Hidalgo
MX2	AYA 24B	Árbol adulto con número de identificación, Mineral El Chico, Hidalgo
MX3	YBMIX	Muestra masal de árboles recolectados en Gral. Zaragoza, Nuevo León
MX4	AYAMIX	Muestra masal de árboles recolectados en Mineral El Chico, Hidalgo
MX5	AYA 39	Árbol hembra adulto, con número de identificación 39 recolectado en Mineral El Chico, Hidalgo
MX6	YB 3	Árbol adulto con número de identificación 3 recolectado en Gral. Zaragoza, Nuevo León
MX7	MA 3	Árbol adulto con número de identificación 3 recolectado en Gral. Zaragoza, N.L.
MX8	GRA 3	Árbol adulto con número de identificación 3 recolectado en Pinal de Amoles, Querétaro
MX9	GRA 2	Árbol adulto con número de identificación 2, recolectado en Pinal de Amoles, Querétaro
MX10	QRO. IND.	Árbol juvenil de sexo indefinido, recolectado en Pinal de Amoles, Querétaro
MX11	MA 1	Árbol adulto con número de identificación 1 recolectado en la zona La Máquina, Gral. Zaragoza, N.L.
MX12	GRA MIX + IND.	Muestra masal de árboles juveniles, recolectados en Pinal de Amoles, Querétaro
MX13	GRA 4	Árbol adulto con número de identificación 4 recolectado en Pinal de Amoles, Querétaro
MX14	YB 2	Árbol adulto con número de identificación 2 recolectado en Gral. Zaragoza, Nuevo León
MX15	T 3	Árbol adulto con número de identificación 3 recolectado en Gral. Zaragoza, Nuevo León
MX16	YBI	Árbol adulto macho con número de identificación 1 recolectado en Gral. Zaragoza, Nuevo León
MX17	MA 5	Árbol adulto con número de identificación 5 recolectado en Gral. Zaragoza, N.L.
MX18	OAX MIX	Muestra masal de árboles recolectados en Santa María Yavesía, Oaxaca
MX19	Ti MIX	Muestra masal de árboles recolectados en Gral. Zaragoza, Nuevo León
MX20	Ti 5	Árbol adulto con número de identificación 5 recolectado Gral. Zaragoza, Nuevo León
MX21	QRO IND.	Árbol juvenil de sexo indefinido, recolectado en Pinal de Amoles, Querétaro
MX22	MA MIX	Muestra masal de árboles recolectados en Gral. Zaragoza, Nuevo León
MX23	ENC	Árbol adulto recolectado en Gral. Zaragoza, Nuevo León
MX24	YB4	Árbol adulto con número de identificación 4 recolectado en Gral. Zaragoza, Nuevo León
MX25	GRA 5	Árbol adulto con número de identificación 5 recolectado en Pinal de Amoles, Querétaro
MX26	Ti2	Árbol adulto con número de identificación 2 recolectado en Gral. Zaragoza, Nuevo León
MX27	Ti1	Árbol adulto con número de identificación 1 recolectado en Gral. Zaragoza, Nuevo León
MX28	AYA 53	Árbol adulto con número de identificación 53 recolectado en Mineral El Chico, Hidalgo
MX29	QRO. IND.	Árbol juvenil de sexo indefinido, recolectado en Pinal de Amoles, Querétaro
MX30	AYA 40	Árbol adulto macho con número de identificación 40 recolectado en Mineral El Chico, Hidalgo
MX31	Ti 4	Árbol adulto con número de identificación 4 recolectado en Gral. Zaragoza, Nuevo León
MX32	AYA T	Árbol adulto identificado como T, recolectado en, Mineral El Chico, Hidalgo
MX33	Ti6	Árbol adulto con número de identificación 6, recolectado en Gral. Zaragoza, Nuevo León
MX34	MA 2	Árbol adulto con número de identificación 2 recolectado en Gral. Zaragoza, Nuevo León
MX35	NVO LEON IND	Árbol juvenil recolectado en Gral. Zaragoza, Nuevo León

Tabla 2. Identificación de las muestras de T. globosa.

CLAVE	CODIGO DE POBLACIÓN	CODIGO DE PROCEDENCIA	PAÍS DE ORIGEN
M-1	ESTRY	NORMANDÍA	FRANCIA
M-2	PM	LEON	ESPAÑA
M-3	SM	ASTURIAS	ESPAÑA
M-4	LEB 1	CANTABRIA	ESPAÑA
M-5	AIX 4	ALACANT	ESPAÑA
M-6	AIT7	ALACANT	ESPAÑA
M-7	BE12	ALACANT	ESPAÑA
M-8	PU1	VALÉNCIA	ESPAÑA
M-9	ROP6	VALÉNCIA	ESPAÑA
M-10	VALD	LEON	ESPAÑA
M-11	CA19	CASTELLÓ	ESPAÑA
M-12	SAF2	VALÉNCIA	ESPAÑA
M-13	EST	ESTRELA	PORTUGAL
M-14	ALF2	ALACANT	ESPAÑA
M-15	BOCC	CERDEÑA	ITALIA
M-17	TIGG	RIF	MARRUECOS
M-18	TEJ	PALENCIA	ESPAÑA
M-19	GAL	CASTELLÓ	ESPAÑA

Tabla 3. Identificación y origen de las muestras de *T. baccata*

RECOLECTA Y SECADO DEL MATERIAL VEGETAL DE *T. GLOBOSA* Y *T. BACCATA*

De cada localidad se eligieron árboles sanos dominantes y de ambos sexos. El material vegetal (hojas y tallos) se guardó durante el tiempo de recolecta en bolsas selladas debidamente etiquetadas con los datos de su hábitat, área geográfica, sexo, y cuando no se distinguía el sexo por ser árbol juvenil se denominó como indefinido (IND), a la reunión de muestras de una misma zona se denominó mezcla (MIX). Se obtuvo follaje de los árboles identificados *in situ* como hembras, machos y árboles juveniles obteniendo hasta 500 g en peso fresco de cada localidad. El material vegetal fresco se puso a secar a temperatura ambiente y en condiciones de obscuridad hasta obtener el peso seco de cada una de las muestras a analizar.

ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS MUESTRAS DE *T. GLOBOSA* Y *T. BACCATA*

De cada árbol recolectado se tomaron 2 g en peso seco respectivamente, el material se extrajo exhaustivamente en metanol (Merck GR) para su análisis por cromatografía en capa fina (TLC) y con base en su perfil cromatográfico, se seleccionaron las muestras tanto del tejo europeo como mexicano para su análisis en Cromatografía de Líquidos de Alta Resolución (HPLC).

PREPARACIÓN DEL MATERIAL VEGETAL PARA SU ANÁLISIS QUÍMICO.

Obtención de extractos.

El material vegetal seco y molido (2 g PS) de las muestras recolectadas, fueron sometidas a un proceso de extracción por maceración con metanol (20 ml, 24 h). La filtración del extracto líquido y su posterior eliminación del disolvente por destilación a presión reducida y secado al alto vacío (0,02 mbar) permitió obtener los rendimientos de cada extracto.

*Análisis por Cromatografía en Capa Fina (TLC) de las muestras de *T. globosa* y *T. baccata*.*

El extracto metanólico de las muestras recolectadas fue analizado por TLC, para realizar una comparación de la constitución química de estas muestras. Se utilizaron placas empacadas con sílica gel 60 Merck (6 cm de longitud) que fueron eluidas en una mezcla de diclorometano/metanol 95:5. Se utilizó el reactivo de Komarowsky como revelador químico. El Taxol fue utilizado como referencia cromatográfica.

Análisis por Cromatografía de Líquidos de Alta Resolución (HPLC).

El análisis por HPLC de los extractos obtenidos fue llevado a cabo en un sistema cromatográfico marca Waters provisto de: un módulo de separación Alliance

2995 y un Detector de Arreglo de Diodos. Para la separación química se utilizó una columna de fase reversa (RP-C18 Supersphere, 120 x 4 mm, 5 nm). Como fase móvil se utilizó un sistema de gradiente agua (reservorio A) y acetonitrilo (reservorio B) en el orden de polaridad descendente: 100:0 (0-2 min); 80:20 (3-6 min); 70:30 (7-10 min); 60:40 (11-16 min); 40:60 (17-18 min) y 100:0 (19-20 min). El volumen de la muestra de inyección fue de 20 µL. Se utilizó un rango de longitud de onda de 200-400 nm fijando los análisis a 220 nm. Se utilizó una muestra comercial de Taxol® como referencia (TAPIA & AL., 2013)(Figura 6).

Evaluación de la actividad anti-inflamatoria de los extractos metanólicos de *T. globosa* y *T. baccata*

Inflamación inducida con TPA (12-orto-tetra, decanoil forbol-13 acetato)

Los animales se dividieron en grupos (n=7), los cuales bajo anestesia quirúrgica con Pentobarbital Sódico (55 mg/Kg i.p.), fueron tratados como sigue: la oreja izquierda (control) 20 ml de metanol, mientras que los tratamientos fueron aplicados en la oreja derecha. Se aplicaron 20 ml de la concentración de 3,0 mg/oreja de los extractos de *T. globosa*: MX2 (AYA 24B), MX5 (AYA39) y MX35 (NVO LEON IND) y de *T. baccata* (M-1 Normandía y M-9 Valencia), el grupo control positivo recibió 20

ml de Indometacina a 1 mg/oreja, al control negativo se administraron sólo 20 ml de vehículo (metanol). Después de 15 min, se aplicó sobre la oreja derecha, 20 ml del TPA (0,25 mg/ml), todos los tratamientos fueron aplicados en la oreja interna y externa del ratón (10 ml de cada lado) (Figura 7).

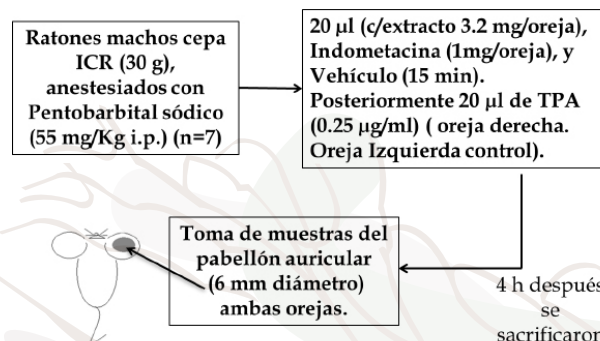


Figura 7. Inflamación inducida con TPA en un modelo murino

Después de 4 h los animales fueron sacrificados por sobre exposición al anestésico y se tomaron secciones circulares del centro (6 mm de diámetro) del pabellón auricular de ambas orejas, para determinar la diferencia de peso como medida de inflamación y posteriormente se calculó el porcentaje de inhibición del edema. Los datos se analizaron con ANOVA de una vía y una post-prueba de Dunnet y se compararon con el grupo que sólo recibió como vehículo metanol y TPA, atribuyendo un nivel de significancia del 95%.



Figura 6. Preparación del material vegetal para su análisis químico.

Modelo Biológico de Toxicidad Aguda

La toxicidad aguda oral, se refiere a los efectos adversos que ocurren después de la administración oral de una sola dosis de una sustancia o múltiples dosis durante 24 h. Esta prueba se llevó a cabo de acuerdo a la guía establecida por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) por sus siglas en inglés “Organization for Economic Cooperation and Development” (OECD, 2001). Para esta prueba se utilizaron tres ratones hembra de la cepa ICR con un peso promedio de 26 a 28 g de peso, para cada grupo. Los tratamientos se administraron vía oral, estos fueron a una dosis de 50, 300 y 500 mg/Kg para el extracto metanólico de *T. globosa* y el cuarto grupo recibió Tween 20 al 2 %.

Posteriormente, la evaluación de toxicidad se llevó a cabo a través de la observación de parámetros conductuales incluidos en la prueba de neurotoxicidad de Irwin (SADRAEI & AL., 2006) a los 10 y 30 min, 2, 3, 24 h, éstos fueron: a) contorsión abdominal, b) pelos erizados (posible acción sobre el Sistema Nervioso Autónomo (SNA), por estimulación simpática a través de receptores β -adrenérgicos) c) ptosis palpebral (signo de depresión central), d) alteración motora (un aumento indica estimulación del Sistema Nervioso Central (SNC) y una disminución predice depresión de este órgano), e) amontonamientos (hipotermia, depresión del SNC), f) pérdida del tono muscular: depresión del SNC, g) temores (depresión del SNC), h) parálisis de miembros (su presencia es indicio de una depresión del SNC), i) secreción salival (posible acción sobre SNA, por estimulación simpática (receptores α -adrenérgicos) o parasimpática (receptores muscarínicos), j) convulsiones (reflejan una estimulación del SNC) y k) constipación y finalmente muerte (en caso de que se presentara) (Figura 8).



Figura 8. Modelo Biológico de Toxicidad Aguda

RESULTADOS

En las diferentes zonas de recolecta (zona norte, centro y sur de México), se observaron árboles hembras y machos sanos tanto en etapa adulta, como en etapa juvenil con

abundante brotación, corroborándose lo reportado por MUÑOZ & AL. (2009), con respecto al alto índice de reproducción del tejo mexicano, esto debido a la protección forestal con la que cuenta actualmente el tejo en territorio mexicano (Figura 9).



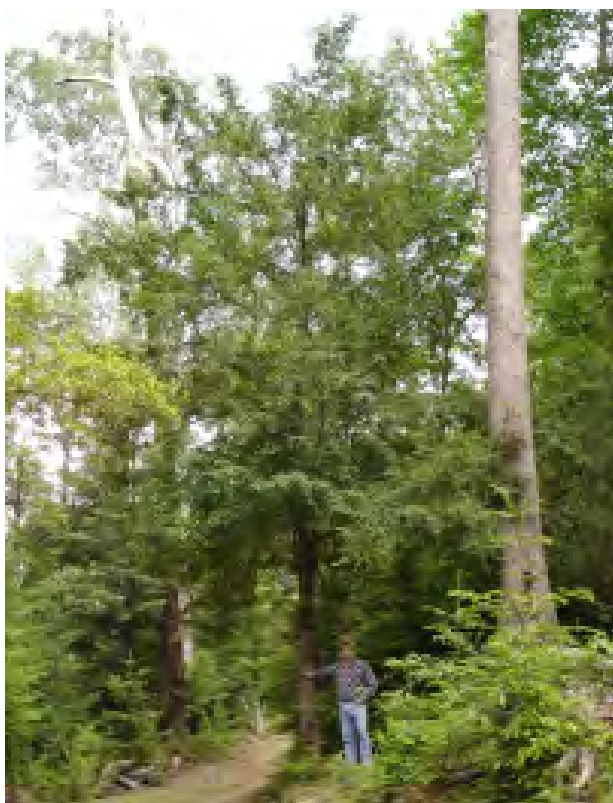


Figura 9. Recolecta de tejos mexicanos en su hábitat
 a) Árbol de tejo (Estado de Hidalgo)
 b) Árbol del tejo crecido en el Estado de Nuevo León
 c) Árbol del tejo crecido en el Estado de Nuevo León
 d) Árbol de tejo (Estado de Querétaro).

OBTENCIÓN DE EXTRACTOS Y ANÁLISIS POR CROMATOGRAFÍA EN CAPA FINA DE LAS MUESTRAS DE *T. GLOBOSA* Y *T. BACCATA*

Se obtuvieron los extractos tanto de las muestras del tejo mexicano como del europeo, cuyos rendimientos fluctuaron entre 7 - 16 % y 3 - 4 %, respectivamente. La comparación del perfil cromatográfico en capa fina permitió observar una similitud química en todas las muestras, variando sólo la concentración de algunos compuestos de polaridad media (Figuras 10,11 y 12).

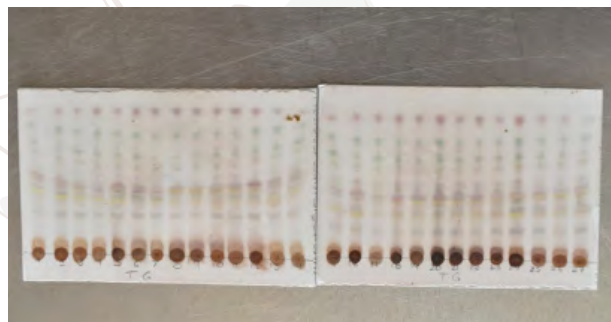


Figura 10. Cromatoplasmas de los extractos metanólicos de las muestras (MX1 a la MX27) de *T. globosa*. Se utilizaron placas de sílica gel 60 Merck, que fueron eluidas en una mezcla de diclorometano/metanol 95:5. Se utilizó como revelador químico el reactivo de Komarowsky.

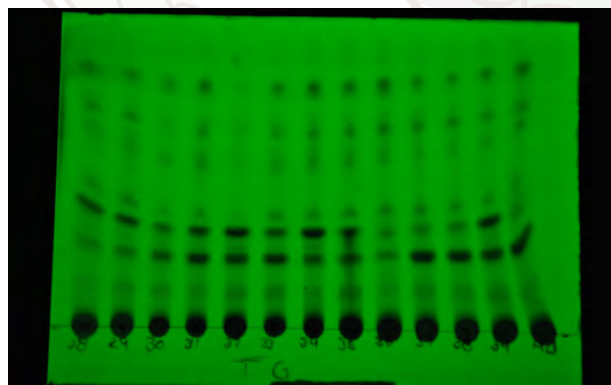


Figura 11. Cromatoplasmas de los extractos metanólicos de las muestras de *T. globosa* (MX28- MX35). Se utilizaron placas de sílica gel 60 Merck. Sistema de elución diclorometano/metanol 95:5. Lámpara de fluorescencia a 254 nm.

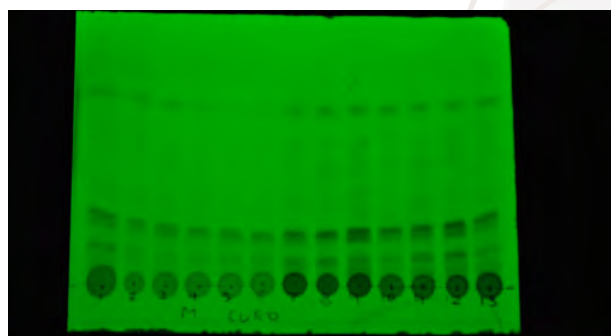


Figura 12. Cromatoplasmas de los extractos metanólicos de las muestras de *T. baccata* (M1- M13). Se utilizaron placas de sílica gel 60 Merck. Sistema de elución diclorometano/metanol 95:5. Lámpara de fluorescencia a 254 nm.

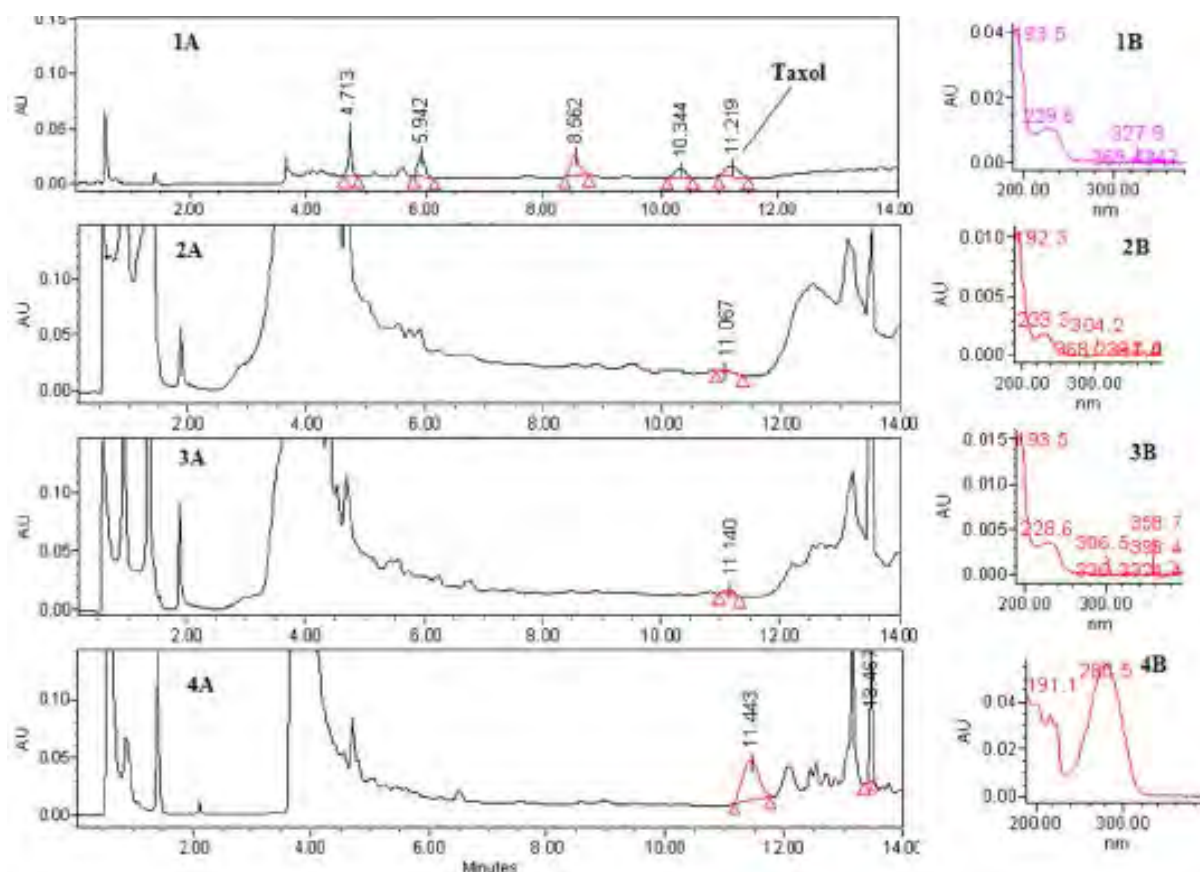


Figura 13. Comparación cromatográfica de estándares de taxanos (1A) con las muestras mexicanas MX2(2A), MX5 (3A) y con la muestra europea M-9 (4A).

La comparación cromatográfica en capa fina permitió seleccionar los extractos de las muestras del tejo mexicano MX2 (AYA 24B), MX5 (AYA 39) y MX35 (NVO LEON IND); así como las muestras del tejo europeo M-1(Normandía) y M-9 (Valencia) cuya diferencia en la concentración de su contenido metabólico fue muy evidente, para realizar su análisis por HPLC. Se detectó taxol en las muestras de los tejos recolectados en la zona centro de México (Estado de Hidalgo) (Figura 13.2A, 13.2B 13.3A, 13.3B) y que corresponde al tiempo de retención y espectro de ultravioleta que presentó el estándar (Figura 13.1A, 13.1B). Las muestras del tejo europeo no acumularon concentraciones detectables de taxol (Tabla 4), observándose por el contrario la acumulación de otro compuesto con tiempo de retención de 11.44 min, que presentó un espectro de ultravioleta diferente al que presentan los taxanos (Figura 13.4A y 13.4B).

ACTIVIDAD ANTI-INFLAMATORIA

El efecto de la aplicación local de diferentes tratamientos provenientes de *T. globosa* a la dosis de 3,2 mg/oreja fue evaluado, esta dosis provocó una disminución del edema auricular inducido con TPA, las muestras MX2 y MX5 fueron estadísticamente diferentes al grupo que recibió sólo el irritante ($p < 0,05$). Este efecto representa más del 30 % de inhibición de la inflamación. Este patrón de respuesta se observa para el caso de la muestra de M-1 de *T. baccata* el cual induce un porcentaje de inhibición del 34 %. Sin embargo, la muestra M-9 de esta misma especie fue capaz de disminuir significativamente ($p < 0,05$) el edema de 11,5 mg hasta 5,40 mg, esto es más del 50 % de inhibición de la inflamación (Tabla 5).

MUESTRAS	Rendimiento (mg) en 2 g PS planta	µg taxol/ 10 mg de extracto	Concentración de taxol mg/g PS
MX2 (AYA 24B)	192.7	0.2589	0.0025
MX5 (AYA 39)	212.8	0.5420	0.0057
MX35 (NVO LEON IND)	325.0	0.2615	0.0043
M-1 (NORMANDÍA)	0.081	ND	ND
M-9 (VALENCIA)	0.082	ND	ND

Simbología: ND no detectable

Tabla 4. Análisis del contenido de taxol en las muestras de los Tejos

Muestra de tejos (3.2 mg/o)	Edema (mg)	Inhibición del edema (%)
MX2 (AYA 24B)	7.46 ± 1.9*	35.13
MX5 (AYA 39)	7.04 ± 1.6*	38.78
MX35 (NVO LEON IND)	8.48 ± 1.0	26.26
M-1 (NORMANDIA, FRANCIA)	7.56 ± 1.4	34.27
M-9 (VALENCIA, ESPAÑA)	5.40 ± 0.89*	53.04*
Indolmetacina (1 mg/o)	2.22 ± 0.94*	80.65
Vehículo	11.50 ± 0.77*	0

Nota: Los valores representan el promedio ± D.E. (n=7 ratones); * p <0.05, comparado con el control que recibió vehículo y TPA usando ANOVA, con una post-prueba Dunnett.

Tabla 5. Actividad anti-inflamatoria de *T. globosa* y *T. baccata* en la prueba de inflamación inducida con TPA.

PRUEBAS DE TOXICIDAD AGUDA DE *T. GLOBOSA*.

La administración oral de las concentraciones de 300 y 500 mg/Kg, provocó algunos síntomas clasificados como leves (+), y que están asociados a una depresión general del SNC, entre ellos pilo-ercción, ptosis palpebral, disminución motora, amontonamiento y temores. Estos síntomas se presentaron a los 10, 30 min y 2 h después de la administración de los tratamientos. A las 24 h, los animales tenían un comportamiento similar al grupo de vehículo. La dosis menor no provocó ningún síntoma o cambio en el comportamiento de los ratones. Esto nos indica que actúa como depresor sobre el SNC, sin embargo según los lineamientos que marca la OCDE no hay toxicidad aguda inducida por el extracto, debido a que no indujo la muerte (Tabla 6).

DISCUSIÓN

El género *Taxus*, perteneciente a la familia Taxaceae, incluye árboles que crecen en regiones específicas tanto en el continente americano, como en el euro-asiático-africano; se caracterizan por producir compuestos de origen diterpénico llamados taxanos y en especial el taxol con importante actividad anticancerígena, que acumulan principalmente en corteza y unas pocas especies los acumulan en las partes aéreas como es el caso de *T. globosa* y *T. chinensis*. Además del efecto anticancerígeno altamente documentado sobre el Taxol®, también se ha reportado que esta sustancia fue capaz de disminuir el efecto de inflamación vascular en un modelo de daño pulmonar inducido por la administración intratraqueal de lipopolisacárido (LPS) (MIRZAPOIAZOVA & AL., 2007).

La producción de los taxanos varía entre las especies del género *Taxus*, además de que se producen en bajas concentraciones. El tejo mexicano al contrario del tejo europeo está poco estudiado, sin embargo, es una de las especies con mayor acumulación de los taxanos marcadores del género. El tejo europeo además de producir el taxol y sus precursores como son la 10 de acetil baccatina III y baccatina III, es una de las especies con más reportes sobre su biología y sus usos tradicionales, entre ellos se menciona su uso como anti-inflamatorio de vías urinarias, sin que a la fecha se haya demostrado científicamente esta propiedad (BLANCO & AL., 2008).

En este trabajo de investigación por primera vez se realizó el estudio comparativo entre las dos especies de *Taxus* tanto desde el punto de vista químico como farmacológico. El estudio químico mostró que los extractos metanólicos de las muestras foliares de los tejos mexicanos recolectados en la misma época del año, presentaron perfiles cromatógrafos muy semejantes sin importar la

TIEMPO	10 min				30 min				2 h				3 h				24 h															
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Tratamiento																																
Contorsiones abdominales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pelos erizados	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ptosis palpebral	-	-		+	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Disminución motora	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amontonamientos	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pérdida tono muscular	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tremores	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parálisis de miembros posteriores	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Secreción salival	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Convulsiones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Muerte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otros (constipación)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Simbología: (+) Leve, (++) Moderado, (+++) Severo, (-) ausencia, (1) Vehículo, (2) 50mg/Kg, (3)300mg/Kg, y (4) 500mg/Kg.

Tabla 6. Parámetros conductuales asociados a neuro-toxicidad, después de la administración del extracto metanólico de *Taxus globosa*.

zona de recolecta. Por otro lado, la concentración de los componentes del extracto íntegro de manera cualitativa, varió con respecto a la zona y ejemplar del tejo estudiado. Este comportamiento también se observó en las diferentes muestras del tejo europeo además de que presentaron menor contenido químico que las muestras del tejo mexicano.

Al cuantificar el contenido de taxol en las muestras seleccionadas de *T. globosa*, colectadas en el mes de octubre, obtuvimos concentraciones en el mismo orden de magnitud aunque en menor concentración (0,0025, 0,0043 y 0,0057 mg/g PS) a lo reportado por SOTO & AL., (2011) (0,0163 a 0,1103 mg/g PS) en árboles que fueron estudiados durante los meses de enero y febrero procedentes del noreste y centro-este de México, lo que indica una fluctuación estacional del contenido de taxol en el tejo mexicano. Con respecto al tejo europeo, se corroboró la ausencia de taxol en las muestras foliares, sin embargo, se observó la presencia de un compuesto en concentraciones detectables a 280 nm, que no corresponde a ningún taxano; este compuesto presenta un tiempo de retención de 11.443 min, el espectro de ultravioleta presenta características de un compuesto fenólico que se produce y acumula en *T. baccata* en el otoño mediterráneo.

En este trabajo de investigación se evaluó por primera vez el efecto anti-inflamatorio comparativo entre el tejo mexicano y el europeo con base en algunos reportes que indican dicho uso. Se observó que el extracto metanólico de las muestras (MX2, MX5 y MX35) del tejo mexicano y la muestra M-1 del tejo de origen francés, ejercen sólo un moderado efecto anti-inflamatorio (35,13; 38,78; 26,26 y 34,26 % de inhibición respectivamente); mientras que la muestra M-9 que proviene de árboles ubicados en Valencia, España, fue capaz de inhibir el edema auricular por arriba del 50 %. Es posible atribuir dicha actividad a metabolitos secundarios diferentes al taxol, si bien el efecto farmacológico no es comparable al de otras especies con mayor actividad a dosis menores (MUÑOZ & AL., 2011), no debe descartarse un potencial efecto anti-inflamatorio tanto para la especie europea como la mexicana. Es posible que el nivel de efecto detectado en el extracto metanólico de *T. globosa*, se deba a su complejidad química y que al ser fraccionado pudiera mejorar su efecto. Finalmente, mediante la prueba aguda de toxicidad basándonos en la OCDE, se demostró que el extracto de *T. globosa* no provoca efectos tóxicos aunque sí indicios de depresión general del SNC.

Los estudios están encaminados al estudio fitoquímico de las muestras con mayor actividad biológica de manera biodirigida, con la finalidad de aislar e identificar los metabolitos secundarios responsables de la actividad anti-inflamatoria que presentaron las especies de *T. globosa* y *T. baccata*.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto estuvo parcialmente financiado por CONAFOR-CONACYT 2004-C01-29/A-1; así como por la Coordinación de Investigación en Salud-IMSS (Convocatoria 2011, para el Concurso de Apoyo Financiero del Programa de Cooperación Internacional). Se agradece también el apoyo recibido por la Secretaría de Investigación y Posgrado (SIP) del IPN por medio del proyecto SIP20113787.

BIBLIOGRAFÍA

ARBUCK, S.G., BLAYLOCK, B.A. (1995). Taxol: Clinical Results and Current Issues in Development. Taxol: Science and Applications. Suffness, M. (Ed.). CRC Press, Boca Raton, Florida. p 379-415.

BLANCO, E., VASCO, F., ABELLA, I., CORTÉS, S. (2008). Tejo y cultura: de la tradición etnobotánica a la farmacología científica. II Jornades sobre el Teix a la Mediterrania Occidental 4: 63-78.

BENTEBIBEL, S., MOYANO, E., PALAZON, J., CUSIDO, R.M., BONFILL, M., EIBL, R., PINOL, M.T. (2005). Effects of immobilization by entrapment in alginate and scale-up on taxol and baccatin III production in cell suspension cultures of *Taxus baccata*. *Biotechnol Bioeng* 89(6): 647-55.

BONFILL, M., PALAZÓN, J., CUSIDÓ, R.M., JOLY, S., MORALES, C., PIÑOL, M.T. (2003). Influence of elicitors on taxane production and 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase activity in *Taxus media* cells. *Plant Physiology and Biochemistry* 41: 91-96.

CORTÉS, S., VASCO, F., BLANCO, E. (2000). El libro del tejo (*Taxus baccata* L.). Un proyecto para su conservación. ARBA. Madrid. 336 p.

GARCÍA-MARTÍ, X. (2007). Producción de material forestal de *Taxus baccata* L. destinado a planes de conservación. En "El tejo en el Mediterráneo Occidental". SERRA, L. (ed.). Generalitat Valenciana-Conselleria de Territori i Habitatge. CAM.

GUERRERO, B., CASTILLO, J., AGUILAR, M.I., DELGADO, G. (2000). 5 α , 7 β , 9 α , 10 β , 13 α -pentaacetoxo-4(20), Taxadieno (7 β -acetoxo-Taxusin) and Other Constituents from the Bark of the Mexican Yew, *Taxus globosa* (Taxaceae). *Revista de la Sociedad Química de México* 44:2:148-150.

LEGHA, S.S., RING, S., PAPADOPOULOS, N., RABER, M., BENJAMIN, R.S. (1990). A phase II trial of Taxol in metastatic melanoma. *Cancer* 65: 2478.

MIRZAPOIAZOVA, T., KOLOSOVA, I.A., MORENO, L., SAMMANI, S., GARCIA, J.G., VERIN, A.D. (2007). Suppression of endotoxin-induced inflammation by taxol. *Eur Respir J.* 30: 429-435.

MUÑOZ-GUTIÉRREZ, L., VARGAS-HERNÁNDEZ, J.J., LÓPEZ-UPTON, J., SOTO-HERNÁNDEZ, M. (2009). Effect of cutting age and substrate temperature on rooting of *Taxus globosa*. *New Forest* 38: 187-196.

MUÑOZ, O., CHRISTEN, P., CRETTON, S., BACKHOUSE, N., TORRES, V., CORREA, O., COSTA, E., MIRANDA, H., DELPORTE, C. (2011). Chemical study and anti-inflammatory, analgesic and antioxidant activities of the leaves of *Aristolelia chilensis* (Mol.) Stuntz, Elaeocarpaceae. *J Pharm Pharmacol* 63: 849-59.

NAVIA-OSORIO, A., GARDEN, H., CUSIDÓ, R.M., PALAZÓN, J., ALFERMANN, A.W., PINOL, M.T. (2002). Production of paclitaxel and baccatin III in a 20-L airlift bioreactor by a cell suspension of *Taxus wallichiana*. *Planta Med* 68(4): 336-40.

NIKOLAKAKIS, A., CARON, G., CHERESTES, A., SAURIOL, F., MAMER, O., ZAMIR, L.O. (2000). *Taxus canadensis* abundant taxane: Conversion to paclitaxel and rearrangements". *Bioorg Med Chem* 8 (6): 1269-1280.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-059-SEMARNAT (2010). Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo.

OECD. (2001). Guideline for testing of Chemicals. Acute oral toxicity-Up- and Down procedure.

O'SHAUGHNESSY, J.A., COWAN, K.H. (1994). Current status of Paclitaxel in the treatment of breast cancer. *Breast Cancer Res Treat* 33: 27-37.

RAMÍREZ-SÁNCHEZ, S.E., LÓPEZ-UPTON, J., GARCÍA-DE LOS SANTOS, G., VARGAS-HERNÁNDEZ, J.J., HERNÁNDEZ-LIVERA, A., AYALA-GARAY, O.J. (2011). Variación morfológica de semillas de *Taxus globosa* Schltdl. provenientes de dos regiones geográficas de México. *Rev. Fitotecnia Mexicana* 34: 93-99.

SADRAEI, H., ASGHARI, G., ZEINODIN, M. (2006). Evaluation of systemic effect of *Pycnocyclus spinosa* extract in mice using Irwin test. *Research in Pharmaceutical Sciences* 1:22-29.

SCHIFF, P.B., FANT, J., HORWITZ, S.B. (1979). Promotion of microtubule assembly *in vitro* by taxol. *Nature* 277: 665- 667.

SCHIFF, P.B., HORWITZ, S.B. (1980). Taxol stabilizes microtubules in mouse fibroblasts cells. *Proc Natl Acad Sci* 77: 1561-1565.

SOTO-HERNANDEZ, M., LÓPEZ, J., VARGAS-HERNANDEZ, J.J., MUÑOZ-GUTIERREZ, L., SAN MIGUEL, R. (2011). Estado de conservación de *Taxus globosa* en México. *Spanish Journal of Rural Development* 61-68.

SOTO, M., SANJURJÓ, M., GONZÁLEZ, M.T., CRUZ, D., GIRAL, F. (2000). El Tejo mexicano (*Taxus globosa* Schltdl.) potencial de su aprovechamiento en Taxol. *Ciencia Ergo Sum* 7(3):277-279.

TAPIA, N., ZAMILPA, A., BONFILL, M., VENTURA, E., CRUZ-VEGA, D., DEL VILLAR, A., CRUZ-SOSA, F., OSUNA, L. (2013). Effect of the culture medium and biotic stimulation on taxane production in *Taxus globosa* Schltdl. *in vitro* cultures. *Act Physiol Plant* 35 (12): 3447-3455.

VAN ROZENDAAL, E.L.M., LELYVELD, G.P., VAN BEEK, T.A. (2000). Screening of the needles of different yew species and cultivars for paclitaxel and related taxoids. *Phytochemistry* 53: 383-389.

ZAMUDIO, R.S. (1992). Familia Taxaceae. En: Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Instituto de Ecología. Pátzcuaro, Michoacán, México. Fascículo 9: 1-4.

ZAVALA-CHÁVEZ, F. (2002). Análisis demográfico preliminar de *Taxus globosa* Schltdl. en el Parque Nacional El Chico, Hidalgo, México. II: Población de juveniles y algunos datos de semillas. *Ciencia Ergo Sum* 9(2):177-183.

ZAVALA-CHÁVEZ, F., SOTO-HERNÁNDEZ, M., RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, M.T. (2001). El Romerillo (*Taxus globosa* Schltdl.): Biología. Problemas y Perspectivas de Uso. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 7 (1): 77.

Experiencia del Servicio de Información Toxicológica (SIT) relativa a las exposiciones tóxicas al tejo

FÁTIMA RAMÓN¹, SALOMÉ BALLESTEROS¹, FERNANDO VASCO²

¹Médicos Toxicólogos. Servicio de Información Toxicológica del Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses. fatimaram@telefonica.net

²Farmacéutico. AATT (Amigos del Tejo y las Tejedas).

RESUMEN

Introducción: Aunque la toxicidad grave en los seres humanos es rara después de exposiciones accidentales (pequeñas cantidades) a partes del tejo (hojas o agujas, bayas o semillas), las exposiciones deliberadas (gran cantidad) pueden producir efectos importantes. Las exposiciones más frecuentes tienen lugar en animales de pasto y en niños que se acercan con curiosidad a explorar estas plantas, si bien en los últimos tiempos se ha observado el consumo por sujetos llevados por las directrices que provienen de internet. **Métodos:** En España, el Servicio de Información Toxicológica (SIT), desde junio de 2005 hasta octubre de 2013 ha registrado 48 consultas relativas a exposiciones al tejo. **Resultados:** 45 casos fueron humanos y 3 casos animales. El solicitante más frecuente fue un centro sanitario (25 ocasiones). El grupo de edad más frecuente fue el de los menores de 2 años (10 casos). No hubo diferencias importantes en cuanto al sexo. La vía de entrada más frecuente fue oral (41 casos); En todas las ocasiones se ingirieron partes de planta entera menos en tres en que se tomó en forma de infusión (en un caso en combinación con ansiolíticos y etanol). Partes de la planta implicadas con más frecuencia: bayas (13), seguidas por hojas (7) y semillas (5). En el momento de la llamada al SIT nueve individuos ya presentaban sintomatología. Procedencia de la llamada más frecuente: Cantabria (6), Comunidad de Valencia (5), Comunidad de Madrid (6). Comunidades autónomas con más casos por 100.000 habitantes: Cantabria (1,02), Navarra (0,31), Aragón (0,22), País Vasco (0,18); Etiología de la exposición: accidental: 31 casos (uno de ellos, laboral), intencional (5), toxicológica (7) y desconocida (3). Mes de las llamadas: enero (1), febrero (2), marzo (2), abril (3), mayo (3), junio (2), julio (1), agosto (7), septiembre (6), octubre (11), noviembre (5) y diciembre (5). **Conclusiones:** Aunque la mayoría de las exposiciones humanas han sido accidentales y solo presentaron sintomatología el 20%, se detectaron consumos intencionales de tejo tanto solo como en combinación con otros productos.

PALABRAS CLAVE

Intoxicaciones, Servicio Información Toxicológica, *Taxus baccata*, tejo, toxicidad tejo

ABSTRACT

Spanish Poison Control Center experience related to Yew toxic exposures. Introduction:

Although human severe poisoning after *Taxus* exposure is uncommon, deliberated ingestion can result in significant adverse effects. Toxic exposures to *Taxus* are more frequent in grazing animals and in children who are attracted to the beautiful red berries. Nowadays some people search internet websites related to *Taxus* consumption. **Methods:** Spanish Poison Control Center registered all *Taxus* exposures, from June 2005 to October 2013. **Results:** During the study period 48 toxic exposures were recorded: 45 cases were human with no differences between male and female; 3 cases were in animals; the most frequent callers were 25 health care units. Children < 2 years old were involved in more occasions (10 cases). Oral exposure was the most common route (41 cases). In all cases, parts of plant were involved directly, except 3 of ingestion of herbal tea (one of them in anxiolytics and ethanol combination). Most frequent concerned parts of plant were: berries (13), leaves (7) and seeds (5). At the moment of the consult clinical manifestations were present in 9 exposures. Calls came more frequent from the following Autonomous Communities: Cantabria (6 cases) and Madrid (6) followed by Valencia (5). More cases per 100.000 inhabitants: Cantabria (1,02), Navarra (0,31), Aragón (0,22), País Vasco (0,18). Exposure was accidental in 31 cases (one of them at work), intentional (5), information query (7), and unknown (3). Months of consults: January (1), February (2), March (2), April (3), May (3), June (2), July (1), August (7), September (6), October (11), November (5) and December (5). **Conclusions:** Although the vast majority of human exposures to *Taxus* were accidental, intentional consumption was detected (plant parts alone or in combination with other products). Clinical manifestations were present in 20% of cases.

KEY WORDS

Poisoning, Toxicology Information Service, *Taxus baccata*, yew, yew toxicity

INTRODUCCIÓN

Las exposiciones tóxicas a las especies de tejo europeo (*Taxus baccata*) son infrecuentes. Estos bellos arbustos se encuentran en el campo, cerca de algunas iglesias e incluso en jardines urbanos. Algunos de sus principios activos tienen utilidad en medicina como el paclitaxel, un taxano inhibidor de la mitosis que se emplea en quimioterapia; en cambio otros, como los principales alcaloides taxina B e isotaxina B, son responsables de la toxicidad (GROBOSCH & AL., 2012).

Los cuadros clínicos severos en humanos no son comunes después de exposiciones accidentales (pequeñas cantidades) a partes del tejo (hojas o agujas, bayas o semillas), si bien las exposiciones deliberadas (gran cantidad) pueden producir efectos muy graves. Las exposiciones más frecuentes tienen lugar en animales de pasto y en niños que se acercan con curiosidad a explorar la planta, si bien en los últimos tiempos se ha observado su consumo por sujetos llevados por directrices procedentes de internet (WEHNER & AL., 2003). Por otra parte, pueden desencadenarse respuestas alérgicas más o menos importantes e incluso shock anafiláctico al masticar y tragar el jugo de las hojas del tejo. El cortado de madera de tejo ha dado lugar a dermatitis de contacto grave (BURKE & AL., 1979; VANHAELEN & AL., 2002).

Tres langures (*Trachypithecus francoisi*), un tipo de primate, fueron hallados muertos en un zoo estadounidense. Un arbusto híbrido (*Taxus baccata* X *T. cuspidata*) fue encontrado en las proximidades del perímetro de la exhibición. (LACASSE & AL., 2007). Sin embargo, en veterinaria, los animales más susceptibles a la toxicidad del tejo son los herbívoros, produciéndose con cierta frecuencia intoxicaciones como la acaecida durante la cabalgata de Puente Viesgo en Cantabria. Dos caballos que iban a participar en el desfile murieron repentinamente tras mordisquear partes de tejo que había en las inmediaciones de la Ermita de Corrobárceno de donde debía partir la comitiva (publicado en eldiariomontañés.es, 8 de enero de 2013).

El Servicio de Información Toxicológica (SIT) está integrado en el Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses que a su vez depende del Ministerio de Justicia. Una de sus funciones principales es la de asesorar en el diagnóstico y tratamiento de las intoxicaciones. Esta tarea, llevada a cabo por médicos facultativos toxicólogos y médicos forenses, se realiza a través de la recepción de consultas por vía telefónica, provenientes de toda España, tanto de centros sanitarios como de público general, las 24 horas del día a lo largo de todo el año. Al día se reciben alrededor de 300 llamadas; las referidas a plantas representan del 0,5 al 1,5% del total lo que representa un porcentaje bajo en comparación con otros centros antitóxicos, homólogos al SIT, como los de Suiza o Alemania (JASPERSEN-SCHIB & AL., 1996; RAMÓN, 2007; PLENERT & AL., 2012). El SIT

registra consultas por intoxicaciones tanto en humanos como en animales pero, al tratarse de un servicio médico, asesora fundamentalmente sobre los primeros, mientras que los casos animales se derivan a la consulta veterinaria para su tratamiento; si la consulta la hace un veterinario se le informa de los datos toxicológicos disponibles.

Se han analizado todos los casos de exposición tóxica al tejo tanto en humanos como en animales, registrados en el SIT desde junio de 2005 hasta octubre de 2013. El objetivo del estudio es definir la relevancia clínica de las exposiciones a *Taxus baccata* en España.

MÉTODOS

En este trabajo se hace una revisión descriptiva y retrospectiva de todas las consultas por exposición tóxica al tejo, cualquiera que sea su vía de entrada en el organismo, atendidas en el SIT, desde el 1 de junio de 2005 hasta el 30 de octubre de 2013. Se debe tener en cuenta que las exposiciones tóxicas suponen contacto por cualquier vía de entrada en el organismo, pero no todas ellas dan lugar a sintomatología o a verdaderas intoxicaciones. Los datos analizados han sido: edad, sexo, vía de entrada, etiología, sintomatología, procedencia de la llamada y mes de la exposición. Las consultas por exposiciones tóxicas al tejo en humanos y animales son recogidas en unas fichas informáticas. El tratamiento informático de la muestra objeto de estudio se ha realizado sobre los datos codificados generando una base de datos con el programa BRS (base de datos documental), sobre un ordenador HP serie 8000-E25, que ha permitido un análisis fiable y exhaustivo de las fichas recogidas.

RESULTADOS

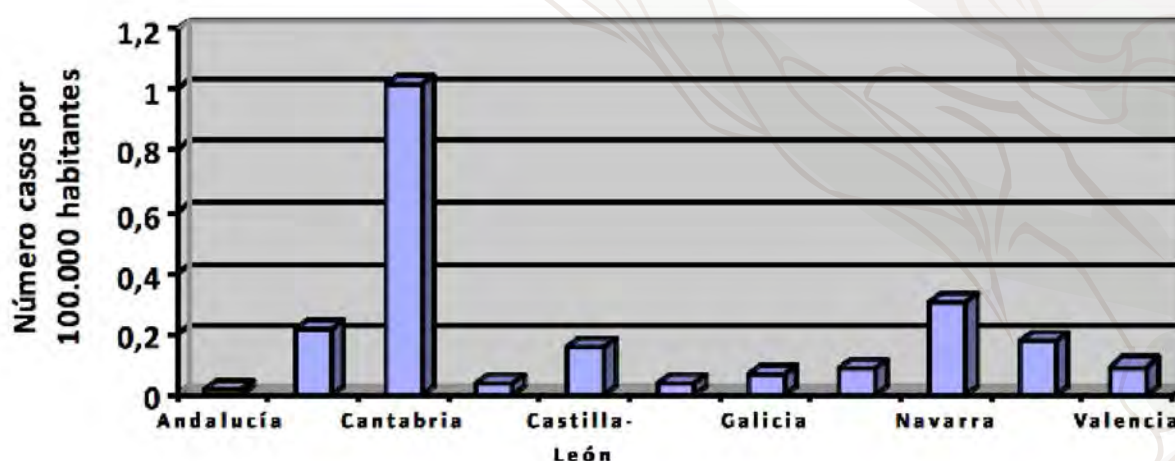
Se produjeron 45 casos en humanos y 3 consultas por exposición en animales (1 perro, 1 gato y un episodio que se refería a 5 ovejas); El solicitante fue: un centro sanitario en 25 ocasiones, particular 21 (una de ellas por una intoxicación veterinaria) y centro veterinario: 2 casos; Edad: menores de 2 años: 10 niños, entre 2 y 14 años: 8 niños, adultos el resto. De los 45 casos humanos: 19 eran mujeres, 21 varones y el resto desconocido. Vía de entrada: oral (41), inhalatoria (1), subcutánea (1), desconocida (5); En todos los casos la exposición fue a partes enteras de la planta salvo en tres en que se tomó en forma de infusión (una de ellos hojas en combinación con ansiolíticos y etanol). Partes de la planta implicadas: bayas (13), hojas (7), semillas (5), polen (1), madera (1), hojas con raíces (1), desconocida (20). En el momento de la llamada al SIT 9 afectados presentaban sintomatología: mareos (3), diarrea (2), somnolencia (2), taquicardia moderada (2), náuseas (1), bloqueo auriculo-ventricular completo (1) (Tabla 1). No se registró ningún caso letal en humanos. En el momento de la consulta sobre el episodio

Manifestaciones clínicas debidas a exposiciones al tejo* (SIT 2005-2013)

Edad	Sexo	Partes de la planta/ preparación	Clínica	Etiología	Cantidad	Mezcla
Adulto	Mujer	Desconocida/ frescas	Somnolencia	Intencional	Desconocida	-
Adulto	Varón	Hojas y raíces/ infusión	Somnolencia, mareos, taquicardia	Intencional	Desconocida	-
Adulto	Varón	Hojas/ frescas	Bloqueo auriculo- ventricular completo	Accidental	Desconocida	-
Adulto	Varón	Desconocida/ frescas	Mareos	Accidental	Desconocida	-
Adulto	Varón	Semillas/ frescas	Mareos	Accidental	Desconocida	-
Adulto	Mujer	Hojas/infusión	Náuseas	Desconocida	5	-
Adulto	Mujer	Hojas/infusión	Taquicardia	Intencional	6	Ansiolíticos y etanol
>2 años	Varón	Desconocida/ frescas	Diarrea	Accidental	Desconocida	-
< 2años	Varón	Bayas/ frescas	Diarrea	Desconocida	3	-

*Todos en seres humanos y vía oral

Tabla 1-Manifestaciones clínicas debidas a exposiciones al tejo en seres humanos y vía oral (SIT 2005-2013)

Gráfica 1.- Exposiciones a tejo por Comunidades Autónomas

con ganado ovino, las 5 ovejas ya estaban muertas. La distribución por Comunidades Autónomas solicitantes de información se detalla en la gráfica 1. Etiología de la exposición: accidental: 31 casos (uno de ellos, laboral), intencional (5), toxicológica (7) y desconocida (3). Mes de las llamadas: enero (1), febrero (2), marzo (2), abril (3), mayo (3), junio (2), julio (1), agosto (7), septiembre (6), octubre (11), noviembre (5) y diciembre (5).

DISCUSIÓN

La prevalencia de las exposiciones tóxicas a plantas registradas en el SIT es del 0,6 al 1% anual, similar a la observada en centros antitóxicos de países como Portugal, Grecia o Uruguay si bien muy inferior a la de países como Alemania, Dinamarca, Finlandia, Suiza o Estados Unidos. En un estudio realizado en el SIT entre el 1 de enero de 1991 y el 31 de diciembre de 2003, se

detectaron 2256 casos de exposiciones tóxicas a plantas de las que 1805 casos eran a plantas ornamentales.

En el presente trabajo, a lo largo de algo más de ocho años, nos consultaron por 45 casos de exposiciones a tejo en seres humanos. La llamada provino mayoritariamente de centros sanitarios lo que hace suponer que se tiene una percepción de que *Taxus baccata* es una especie botánica muy tóxica si bien no detectamos casos letales, como tampoco son frecuentes en las casuísticas de otros centros antitóxicos, como en Suiza o Estados Unidos (KRENZELOK & AL., 1998; RAMÓN, 2007; FUCHS & AL., 2011).

Las comunidades autónomas en las que se han producido con más frecuencia intoxicaciones por tejo según la estadística del SIT han sido la de Madrid y Cantabria si bien debemos resaltar que, por número de habitantes encabeza Cantabria. La mayor parte de las intoxicaciones se ha producido en otoño, que es cuando

maduran en España sus frutos, cuyo vivo color rojo despierta la curiosidad infantil. La vía de exposición más frecuente es la oral, como ocurre con los datos reportados por otros centros antitóxicos, si bien puede haber otras vías de exposición como la subcutánea de la que en nuestro estudio se registra un caso laboral en una mujer mientras realizaba tareas de jardinería.

En cuanto a la edad y el sexo de los afectados, nuestro estudio refleja que la mayoría de las intoxicaciones por tejo se producen en niños y la mayor parte tienen lugar en menores de 2 años de edad. Lo mismo ocurre en los centros antitóxicos de Estados Unidos, Suiza, Chequia, Suecia, Noruega y otros. Coincidiendo con sus datos la mayor parte de los casos son de etiología accidental y asintomáticos. Lo mismo cabe decir en cuanto al sexo de los afectados.

En la exposiciones detectadas en el SIT, se tomaron partes enteras de la planta, principalmente bayas, seguido de hojas y semillas, salvo en 3 ocasiones, en que se hizo una infusión, dos de ellas intencionales (una de ellas con hojas en combinación con ansiolíticos y etanol). Las semillas son generalmente responsables de las intoxicaciones accidentales en los niños, mientras que la corteza y las hojas se usan principalmente en los intentos homicidas y suicidas facilitado por la accesibilidad en páginas web de los métodos para extraer las toxinas. Se debe tener en cuenta que la información proporcionada en internet sobre sustancias tóxicas o implicadas en intoxicaciones es de calidad altamente variable y, a menudo, incompleta (WEHNER & AL., 2003). Las hojas secas son igual de tóxicas que las frescas, aunque éstas lleven largo tiempo caídas o marchitadas (VASCO, 1999).

En nuestro estudio la mayor parte de las intoxicaciones son de etiología accidental, y hubo 5 casos intencionales (Tabla 2). Los pacientes que ingieren deliberadamente partes de la planta tienen riesgo de toxicidad grave. En

nuestro trabajo, algunos casos intencionales se debieron a la ingestión de hojas. En Polonia, un paciente ingirió con fines suicidas aproximadamente 120 hojas y tuvo shock cardiogénico, arritmias cardíacas graves y defectos de conducción. Cuatro prisioneros bebieron una decocción de agujas de tejo que contenían la taxina B. Dos murieron en la prisión, uno en la celda y el otro poco después de ingresar en el hospital penitenciario por parada cardíaca. Los otros dos prisioneros fueron ingresados en el centro antitóxico de Varsovia. Uno de ellos sufrió un coma profundo con muchos episodios de fibrilación ventricular controlados con procedimientos de desfibrilación. Después de la mejoría inicial su condición general se deterioró súbitamente, perdió la consciencia de nuevo, su circulación se interrumpió y murió en el cuarto día de hospitalización. El otro paciente, que bebió mucha menor cantidad, mantuvo la consciencia y tuvo bradicardia que requirió un marcapasos intracavitario transitorio. Dejó el hospital en buen estado después de 10 días de tratamiento (FELDMAN & AL., 1988; LUKASIK-GLEBOCKA & AL., 2007; PANZERI & AL., 2010; BALÁZ & AL., 2011).

Algunos autores indican que muchas ingestiones accidentales de bayas no dan lugar a síntomas o únicamente molestias gastrointestinales leves. Después de la ingestión de un mínimo de 5 hojas enteras y 10 semillas, un niño de 19 meses permaneció asintomático después de la administración de jarabe de ipecacuana. Después de una revisión de 41 casos de ingestión de bayas en niños de edades comprendidas entre 1 y 14 años de edad, uno desarrolló somnolencia como único síntoma; los demás permanecieron asintomáticos en un inicio. Dos pacientes que ingirieron menos de 4 bayas tuvieron diarrea (MATYUNAS & AL., 1985). Este estudio, como otros realizados en Europa y en Estados Unidos, mostraron que las ingestiones de bayas intactas rara vez causan síntomas importantes y que la absorción

Exposiciones tóxicas intencionales a *Taxus baccata**. SIT 2005-2013

Solicitante	Sexo	Partes	Preparación	Síntomas	Cantidad	Mezcla
Particular	Varón	Desconocida	Entera	No	Desconocida	No
Médico	Mujer	Desconocida	Entera	Somnolencia	Desconocida	No
Médico	Varón	Hojas, raíces	Infusión	Somnolencia mareos y taquicardia	Desconocida	No
Médico	Mujer	Bayas	Entera	No	3	No
Particular	Mujer	Hojas	Infusión	Taquicardia	6	Ansiolíticos y etanol

*Todos son adultos y por vía oral

Tabla 2-Exposiciones tóxicas intencionales a *Taxus baccata*. SIT 2005-2013

de taxina no ocurre si la semilla se ingiere intacta y no se mastica. En la bibliografía científica hay insuficientes datos de calidad para estimar la dosis tóxica. Aunque la toxicidad es teóricamente posible si un niño ingiere una sola baya o semilla abierta, rota o masticada, existen pocos casos registrados de toxicidad importante en pediatría. Se estima que son tóxicos 50 g de las agujas o unos 250 mg de los alcaloides de taxina o 3mg/kg de taxina y se ha producido apnea tras ingestas de 150 hojas (Tabla 3).

En casos mortales, el examen interno ha revelado partículas pequeñas verdes agujas-like en la lengua, el esófago y el estómago y hojas cortadas en el contenido estomacal (GROBOSCH & AL., 2013; PIETSCH & AL., 2007; BARCELOUX, 2008). Es posible detectar

los metabolitos de la taxina, como el 3,5 metoxifenol, mediante cromatografía líquida de alta resolución en muestras biológicas, suero o sangre y orina (FROLDI & AL., 2010; STRIBNY & AL., 2010; FUCHS & AL., 2011).

Cuando había sintomatología en los casos del SIT, predominó la cardíaca, digestiva y neurológica, leve. Las taxinas A y B bloquean los canales del calcio y del sodio con lo que enlentecen la conducción y disminuyen la fuerza contráctil en los miocitos cardíacos y son responsables de causar náuseas, vómitos, vértigos, convulsiones seguidos de efectos cardiovasculares. Tras una revisión detallada de la literatura científica, podemos exponer que las intoxicaciones leves a moderadas se manifiestan más frecuentemente con irritación gastrointestinal y asimismo puede existir midriasis y

Tabla 3 - Selección de casos clínicos en la literatura científica, en humanos

Parte de planta ingerida y cantidad	Sexo/edad	Clínica	Referencia
Unas 150 agujas	Mujer 40 años	A 2 horas vómitos y dolor abdominal. Shock y parada respiratoria. Bloqueo AV de tercer grado y arritmias ventriculares	YERSIN & AL., 1987
Hojas y bayas	Niña 5 años autista	Hipotensión, bloqueo AV con extrasístoles ventriculares.	CUMMINS & AL., 1990
Hojas	Varón 22 años	Se le encuentra muerto	SINN & AL., 1991
Corteza	Mujer 70 años	Dolor abdominal, hipotensión, bradicardia supraventricular con QRS ancho. Parada cardíaca. Muerte.	VAN INGEN & AL., 1992
Manojo de hojas	Mujer 16 años	Taquicardia ventricular multiforme y fibrilación ventricular en 7 horas de la ingesta. Recuperación. Alta en 3 días	VON DER WERTH & AL., 1994
Manojo de hojas	Mujer 43 años	Taquicardia ventricular y fibrilación ventricular. Se recuperó con tratamiento pero murió un mes después de otra ingestión accidental de hojas de tejo	WILLAERT & AL., 2002
168 semillas	Adulto joven	Arritmias ventriculares, hipotensión y convulsiones. Alta a 56 horas	PIEROG & AL., 2009
Hojas, unas 10	Varón 46 años	Bloqueo de rama seguido de arritmia ventricular y shock cardiogénico con QRS ancho a las 3 horas. Disfunción ventrículo izquierdo. Episodios recurrentes de fibrilación ventricular. Alta a día 7	SOUMAGNE & AL., 2011
Hojas	Varón 16 años	Episodios repetidos de bradicardia y asistolia	DAHLQVIST & AL., 2011
Hojas de tejo japonés durante 3-4 meses para la gripe	Mujer 36 años	Alteración nivel de conciencia, taquicardia ventricular e hipotensión	JAMBEIH & AL., 2012

Tabla 3 -Selección de casos clínicos en la literatura científica, en humanos.

palidez facial. Los pacientes afectados de intoxicación grave pueden presentar bradicardia, retrasos de la conducción intracardiaca, arritmias e hipotensión. En los casos más severos: convulsiones, coma, distrés o parada respiratoria y colapso circulatorio (SCHULTE & AL., 1975; NORA & AL., 1993).

En los casos veterinarios registrados en el SIT, el perro y el gato no tenían manifestaciones clínicas. En la casuística del Centro de Toxicología londinense cerca del 60% de las intoxicaciones veterinarias a tejo fueron por ingestión en perros y el resto generalmente implicaron al ganado. Muchos caninos permanecieron asintomáticos, aunque algunos sufrieron de vómitos profusos y salivación y todos se recuperaron (CAMPBELL & AL., 2000). De acuerdo con la literatura 30 g de hojas son potencialmente letales en un perro y es mortal 8 g de material de planta/kg de peso.

El tercer caso veterinario consultado al SIT fue la llamada de un particular que poseía cinco ovejas que habían muerto tras ingerir tejo. Si se ingieren altas cantidades los grandes animales pueden morir súbitamente sin sintomatología previa. Para cantidades más pequeñas, se pueden observar: dificultad en la respiración, temblores, disnea, debilidad muscular y colapso (Tabla 4). Tan solo 24 g de tejo fresco pueden matar a una vaca o un caballo adulto. A menudo, los animales se encuentran muertos sin signos premonitorios

y la causa de la muerte parece ser arritmias y bloqueo cardiaco. El diagnóstico a menudo depende de la evidencia de hallazgos de hojas de tejo en el rumen o en el contenido gástrico. En relación con otras especies de *Taxus*, ya hay registros de intoxicaciones en ganado en 1927 en la Columbia británica por *Taxus canadensis*. Se sabe que 10 g/Kg de hojas son dosis tóxicas para los bovinos. En Estados Unidos se encontraron novillos y terneras muertos tras la ingestión accidental de 0,36 a 0,70 g/Kg de planta fresca (THOMSON & AL., 1978)

Es sabido que los caballos son altamente susceptibles a la intoxicación por tejo. En Canadá en 1996, se describe la muerte de tres por la ingestión de las hojas. Un cuarto caballo, el más pequeño dentro de la jerarquía, sobrevivió porque los demás no le habían dejado casi nada para comer en el arbusto. Existen más documentos en caballos bien alimentados y cuidados, en el Valle de Willamette central en Oregon, con muerte súbita sin signos de convulsiones ni de lucha (PARKINSON & AL., 1996 KITE & AL., 2000; COPE & AL., 2004). Un ejemplar de 2 años fue encontrado muerto por la noche en su establo; la necropsia reveló hemorragias endocárdicas en ambos ventrículos, con necrosis multifocal leve. El contenido gástrico contenía aproximadamente el 2% de alcaloides de tejo determinados por cromatografía gaseosa/espectrometría de masas. Sobre la base de estos hallazgos se sugirió considerar la exposición

Selección de casos de intoxicaciones veterinarias en la literatura científica.

Especie animal	Cantidad ingerida	Sintomatología	Referencia
Periquitos	1 gramo de hojas congeladas y en polvo	Uno muerto a 15 min de síntomas. Tres con vómitos, ataxia, disnea. Cianosis. Recuperación en 2-4 horas	SHROPSHIRE & AL., 1992
Canarios	Polvo de hojas, equivalente a 120 mg de hoja fresca	Muerte en <2 hrs. Vómitos, plumas erizadas con primera dosis. Con segunda dosis dificultad respiratoria y debilidad y muerte.	ARAI & AL., 1992
Vacas	<i>Taxus cuspidata</i>	2 vacas, Muerte en horas. Miocarditis intersticial leve.	OGDEN & AL., 1988;
		35 vacas: letargia, disnea, distensión, muerte en 4 hrs	PANTER & AL., 1993
Perros	<i>Taxus</i>	Taquicardia ventricular, QRS ancho, convulsiones	YERSIN & AL., 1987; STANISLAS & AL., 1965 EVANS & COOK, 1991
Pony	Ramas	En 1 hora: debilidad de pulso, ataxia, temblor de patas, dificultad respiratoria, colapso, convulsiones	KINGSBURY & AL., 1964; HANSEN & AL., 1924

Tabla 4.-Selección de casos de intoxicaciones veterinarias en la literatura científica

al tejo en el diagnóstico diferencial de muerte súbita o con lesiones cardíacas en los caballos, incluso si no se identifican las partes de la planta intactas en el estómago (TIWARY & AL., 2005).

CONCLUSIONES

Aunque la mayoría de las exposiciones humanas han sido accidentales y en niños que ingieren bayas, se detectan consumos intencionales de tejo tanto solo como en combinación con otros productos. Sólo el 20% de los casos ha presentado sintomatología. No se han consignado casos de muerte. La limitación de este estudio es que al tratarse de un estudio retrospectivo solo se pueden conocer los datos que fueron recabados en su momento.

BIBLIOGRAFÍA

- ARAI, M., STAUBER, E. & SHROPSHIRE, C.M. (1992): Evaluation of selected plants for their toxic effects on canaries. *JAVMA* 200:1329-1331.
- BALÁZ, P., TOUPALIK, P., HAVEL, R., BARTOS, P. & STANKOVÁ, M. (2011) *Taxus baccata* poisoning. *Soud Lek* 56:53-55.
- BARCELOUX, DONALD G. (2008). En *Medical Toxicology of Natural Substances. Foods, Fungi, Medicinal Herbs, Plants, and Venomous Animals*. Editorial Wiley. EEUU.
- BURKE, M.J., SIEGEL, D. & DAVIDOW, B. (1979). Anaphylaxis: Consequence of yew (*Taxus*) needle ingestion. *State Med J*: 1576-1577.
- CAMPBELL, A. & CHAPMAN, M. (2000). En *Handbook of Poisoning in Dogs and Cats*. Editorial Blackwell Science. Reino Unido.
- COPE, RB., CAMP, C. & LOHR, CV. (2004) Fatal yew (*Taxus sp*) poisoning in Willamette Valley, Oregon, horses. *Vet Hum Toxicol* 46: 279-281.
- CUMMINS, R.O., HAULMAN, J., & QUAN, L. (1990). Near fatal yew berry intoxication treated with external cardiac pacing and digoxin-specific FAB antibody fragments. *Ann Emerg Med* 19:38-43.
- DAHLQVIST, M., VENZIN, R., KONIG, S., FABER, K., WEINMANN, W., TERBECK, S., CESCHI, A. & DÜNSER M.W. (2012) Haemodialysis in *Taxus baccata* poisoning: a case report. *QJM* 105: 359-361.
- EVANS, K.L. & COOK, J.R. Jr (1991). Japanese Yew poisoning in a dog. *J Am Animal Hosp Assoc* 27:300-302.
- FELDMAN, R., CHROBAK, J., LIBEREK, Z. & SZAJEWSKI, J. (1988) 4 cases of poisoning with the extract of yew (*Taxus baccata*) needles. *Pol Arch Med Wewn* 79:26-29.
- FROLDI, R., CROCI, P.F., DELL'ACQUA, L., FARÉ, E., TASSONI, G. & GAMBARO, V. (2010). Preliminary gas chromatography with mass spectrometry determination of 3,5-dimethoxyphenol in biological specimens as evidence of *Taxus* poisoning. *J Anal Toxicol* 34:53-56.
- FUCHS, J., RAUBER LÜTHY, C., KUPFERSCHMIDT, H., KUPPER, J., KULLAK-UBLICK, GA. & CESCHI, A. (2011) Acute plant poisoning: analysis of clinical features and circumstances of exposure. *Clin Toxicol* 49: 671-680.
- GROBOSCH, T., SCHWARZE, B., STOECKLEIN, D. & BINSHECK, T. (2012). Fatal poisoning with *Taxus baccata*. Quantification of Paclitaxel (taxol A), 10-Deacetyltaxol, Baccatin III, 10-Deacetylbaccatin III, Cephalomannine (taxol B), and 3,5-Dimethoxyphenol in Body Fluids by Liquid Chromatography–Tandem Mass Spectrometry. *J Anal Toxicol* 36: 36-43
- GROBOSCH, T., SCHWARZE, B., FELGENHAUER, N., RIESELMANN, B., ROSCHER, S. & BINSHECK, T. (2013). Eight cases of fatal and non-fatal poisoning with *Taxus baccata*. *Forensic Sci Int*. 227:118-126.
- HANSEN, A.A. (1924). The poisonous plant situation in Indiana. II. *J Am Vet Med Assoc* 66:80.
- JAMBEIH, R.A., SHAHEEN, W.H., LI, V.Y. & SHAHEEN, M.H. (2012): ST-segment elevation and ventricular tachycardia after ingestion of a common ornamental plant-a case report. *Indian Heart J* 64:211-213.
- JASPERSEN-SCHIB, R., THEUS, L., GUIRGIS-OESCHER, M., GOSSWEILER, B. & MEIER-ABT, P.J. (1996). Serious plant poisonings in Switzerland 1966-1994. Case analysis from the Swiss Toxicology Information Center. *Schweiz Med Wochenschr* 126:1085-1098.
- KINGSBURY, J.M. *Poisonous Plants of the United States and Canada*, Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs, NJ, 1964.
- KITE, G.C., LAWRENCE, T.J. & DAUNCEY, E.A. (2000) Detecting *Taxus* poisoning in horses using liquid chromatography/mass spectrometry. *Vet Hum Toxicol* 42:151-154.
- KRENZELOK, E.P. & JACOBSEN, T.D. (1998). Is the yew really poisonous to you? *J Toxicol Clin Toxicol* 36:219-223.
- LACASSE, C., GAMBLE, KC., POPPENG, RH., FARINA, LL., LANDOLFI, J. & TERIO, K. (2007). *Taxus sp.* Intoxication in three Franco's langurs (*Trachypithecus francoisi*). *J Vet Diagn Invest* 19:221-224.

- LUKASIK-GLEBOCKA, M., SLENKO, A., KLIMASZYK, D. & MANKOWSKI, W. (2007). Effective intracavitary pacemaking for *Taxus baccata*-induced cardiac conduction defects and arrhythmias. *Przegl Lek* 64:298-300.
- MATYUNAS, N. & RODGERS, G.C.Jr. (1985). Evaluation of Taxus berry ingestion in children. *Vet Hum Toxicol* 28: 298.
- NORA, M., ELSNER, G. & PURDY, C. (1993). Wide QRS rhythm due to taxine toxicity. *J Cardiovasc Electrophysiol* 3:59-61.
- OGDEN, L. (1988). Taxons (yews) - a highly toxic plant. *Vet Human Toxicol* 30:563-564.
- PANTER, KE., MOLYNEUX, RJ., SMART, RA., MITCHELL, L. & HANSEN, S. (1993). English yew poisoning in 43 cattle. *J Am Vet Med Assoc* 202:1476-1477.
- PANZERI, C., BACIS, G., FERRI, F., RINALDI, G., PERSICO, A., UBERTI, F. & RESTANI, P. (2010). Extracorporeal life support in a severe *Taxus baccata* poisoning. *Clin Toxicol* 48: 463-465.
- PARKINSON, N. (1996). Yew poisoning in horses. *Can Vet J* 37:687.
- PIEROG, J., KANE, B., KANE, K. & DONOVAN, J.W. (2009). Management of isolated yew berry toxicity with sodium bicarbonate: a case report in treatment efficacy. *J Med Toxicol* 5:84-89.
- PIETSCH, J., SCHULZ, K., SCHMIDT, U., ANDRESEN, H., SCHWARZE, B. & DREBLER, J. (2007). A comparative study of five fatal cases of Taxus Poisoning. *Int J Leg Med* 121:417-422.
- PLENERT, B., PRASA, D., HENTSCHEL, H. & DETERS, M. (2012). Plant exposures reported to the Poisons Information Centre Erfurt from 2001-2010. *Planta Med* 78:401-408.
- RAMÓN ROSA, M^a FÁTIMA. (2007). Estudio evolutivo de consultas en el Servicio de Información Toxicológica (SIT) sobre plantas tóxicas y medicinales. Tesis doctoral. Universidad Europea de Madrid.
- SCHULTE, T. (1975). Lethal intoxication with leaves of the yew tree (*Taxus baccata*). *Arch Toxicol* 34:153-158.
- SHROPSHIRE, C.M., STAUBER, E., & ARAI, M. (1992). Evaluation of selected plants for acute toxicosis in budgerigars. *JAVMA* 200:936-939.
- SINN, L.E. & PORTERFIELD, J.F. (1991). Fatal taxine poisoning from yew leaf ingestion. *J Forensic Sci* 36:599-601.
- SOUMAGNE, N., CHAUVET, S., CHATELLIER, D., ROBERT, R., CHARRIERE, J.M. & MENU, P. (2011). Treatment of yew leaf intoxication with extracorporeal circulation. *Am J Emerg Med* 29:354-356.
- STANISLAS, E., PERNOD, J., & BOUISSON, H. (1965). Etude électrocardiographique due à l'intoxication expérimentale du chien par l'if. *Thérapie* 20:709-719.
- STRIBNY, J., DOGOSI, M., SNUPAREK, Z., TOUPALIK, P., BALAZ, P. & BARTOS, P. (2010). 3,5-dimethoxyphenol-marker intoxication with *Taxus baccata*. *Soud Lek* 55:36-39.
- THOMSON, GW. & BARKER, IK. (1978). Japanese Yew (*Taxus cuspidata*) poisoning in cattle. *Can Vet J* 19:320-321.
- TIWARY, AK., PUSCHNER, B., KINDE, H. & TOR, ER. (2005). Diagnosis of Taxus (Yew) poisoning in a horse. *J Vet Diagn Invest* 17:252-255.
- VANHAELLEN, M., DUCHATEAU, J., VANHAELLEN-FASTRÉ, R. & JAZIRI, M. (2002). Taxanes in *Taxus baccata* pollen: cardiotoxicity and/or allergenicity? *Planta Med* 68:36-40.
- VAN INGEN, G., VISSER, R., PELTENBURG, H., VAN DER ARK, A.M. & VOORTMAN, M. (1992). Sudden unexpected death due to Taxus poisoning. A report of five cases, with review of the literature. *Forensic Sci Int* 56:81-87.
- VASCO ENCUESTRA, FERNANDO. (1999). Toxicología del tejo (*Taxus baccata*). III Jornadas Técnicas sobre el Tejo (*Taxus baccata* L.) y la Sierra Tejeda. Sedella 6 y 7 de noviembre.
- VON DER WERTH, J. & MURPHY, J.J. (1994). Cardiovascular toxicity associated with yew leaf ingestion. *Br Heart J* 72:92-93.
- WEHNER, F. & GAWATZ, O. (2003). Suicidal Yew poisoning-from Caesar to today-or suicide instructions on the internet. *Arch Kriminol* 211:19-26.
- WILLAERT, W., CLAESSENS, P., VANKELECOM, B. & VANDERHEYDEN, M. (2002). Intoxication with *Taxus baccata*: cardiac arrhythmias following yew leaves ingestion. *Pacing Clin Electrophysiol* 25:511-512.
- YERSIN, B., FREY, J.G., & SCHALLER, M.D. (1987). Fatal cardiac arrhythmias and shock following yew leaves ingestion. *Ann Emerg Med* 16:1396-1397.

Incremento de la producción de taxoides mediante elicitación in vitro de células en suspensión de *Taxus globosa*

RAMÓN MARCOS SOTO HERNÁNDEZ¹, HEBERT JAIR BARRALES CUREÑO¹, ANA CARMELA RAMOS VALDIVIA²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco Estado de Mexico ²Centro de Investigación y Estudios Avanzados.

msoto@colpos.mx

RESUMEN

El taxol se utiliza en el tratamiento del cáncer de ovario, seno, colon, gástrico y en enfermedades como la artritis y el Alzheimer. En este trabajo se exploró la técnica de cultivo in vitro para incrementar el contenido de taxanos de *T. globosa*. Los cultivos celulares se iniciaron a partir de callos friables de *T. globosa* para la producción de taxoides, utilizando medio Gamborg (B5), suplementado con diferentes combinaciones de reguladores del crecimiento: ácido naftalenacético, bencilaminopurina, picloram y polivinilpirrolidona. Los cultivos en suspensión de *T. globosa* se utilizaron para evaluar la producción de taxoides mediante diferentes tratamientos de elicitors tales como: jasmonato de metilo, etanol, butionina de sulfoximina y peróxido de hidrógeno. Los cultivos de células en suspensión de *T. globosa* que presentaron las mejores características de crecimiento se presentaron en los medios adicionados con ácido naftalenacético y picloram. La aplicación exógena de la combinación de los elicitors: butionina de sulfoximina y peróxido de hidrógeno en los cultivos de células en suspensión de *T. globosa* aumentaron significativamente la concentración del taxoide 10-diacetilbaccatina a los 6 días en un 81 %, la concentración de cefalomanina a los 8 días en un 2% y la producción de taxol a los 10 días en menos de un 1 %.

PALABRAS CLAVE

Butionina de sulfoximina, elicitors, etanol, peróxido de hidrógeno, jasmonato de metilo, taxol.

ABSTRACT

Taxol is used in the treatment of ovarian, breast colon and gastric cancer and in other diseases as arthritis and Alzheimer. In this research we explored the tissue culture technique to increase the content of taxanes in *T. globosa*. The cellular cultures came from friable calli of *T. globosa* using Gamborg medium (B5) supplemented with several combinations of naphtalen acetic acid, bencilaminopurine, picloram and polyvinylpyrrolidone. The cell suspension cultures of *T. globosa* were used to

evaluate the production of taxanes through different elicitor treatments: methyl jasmonate, ethanol, butionine of sulfoximine and hydrogen peroxide. Naphatalen acetic acid and picloram were the plant regulators that affect the best growth of the cell suspension cultures, whereas the elicitors butionine of sulfoximine and hydrogen peroxide were those that increased significantly the concentration of 10-deacetylbaaccatine at 6 days (81%), cephalomanine at 8 days (2%) and taxol at 10 days (lesser than 1%).

KEY WORDS

Butionine of sulfoximine, elicitors, ethanol, hydrogen peroxide, methyl jasmonate, taxol

INTRODUCCIÓN

El tejo (*Taxus spp.*) es una gimnosperma dicotiledónea perteneciente a la familia *Taxaceae*, con nueve especies distribuidas en todo el mundo: *T. baccata*, *T. canadensis*, *T. brevifolia*, *T. floridana*, *T. mairei*, *T. globosa*, *T. chinensis*, *T. sumatrana* y *T. wallichiana*. Los taxoides son un grupo de compuestos diterpenoides específicos con un esqueleto de taxano tríciclopentadecano pentametilado [9.3.1.0] que incluye al taxol y otros taxoides, los cuales se encuentran en el follaje y la corteza. Hay más de 350 miembros de esta familia, que se clasifican en función de sus diferencias estructurales¹. Cada clase de taxoide tiene diferentes propiedades polares, farmacéuticas y actividades biológicas especiales¹.

El taxol es el primer fármaco utilizado contra el cáncer en el mundo. El taxol, un medicamento altamente eficaz contra el cáncer con un mecanismo de acción único y estructura química, es lipófilo (log P: 3,5), insoluble en agua ($0,3 \pm 0,02 \mu\text{g mL}^{-1}$)². En la actualidad, el medicamento está aprobado para el tratamiento clínico del cáncer de ovario y de mama por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, EE.UU.). También tiene una actividad significativa contra el melanoma maligno, cáncer de pulmón y otros tumores sólidos, y muestra potencial para el tratamiento asociado al VIH,

sarcoma de Kaposi y la enfermedad de Alzheimer. Las propiedades antitumorales del taxol se basan en la capacidad de unirse y estabilizar los microtúbulos bloqueando la replicación celular en la fase G₂-M tardía del ciclo celular. El suministro natural del fármaco a nivel de la planta es de solo 0,01 %-0,06 %³. La regeneración natural de *Taxus spp.* es muy baja debido a la larga latencia de las semillas y al pericarpio de las semillas, que actúa como barrera para la eficiente germinación⁴. Se necesitan cerca de 7.000-10.000 kg de corteza para producir 1 kg de taxol⁵. La necesidad estimada de taxol por año es de 250 kg del fármaco purificado a partir de 750.000 árboles⁴.

La concentración del taxol en las agujas y la corteza seca de *Taxus brevifolia* es de aproximadamente 0,01-0,1 %. La demanda del taxol está en aumento para el tratamiento del cáncer, por lo que se necesita una gran fuente de plantas para extracción⁶. La cantidad estimada necesaria de taxol purificado para tratar a 500 pacientes con cáncer es de 1 kg, lo que equivale a cerca de 10 toneladas de corteza o a la tala de 700 árboles⁷. Por lo tanto, todas las especies de *Taxus* están expuestas al riesgo de la extinción⁷⁻¹⁰. La vía de biosíntesis del taxol requiere 20 pasos enzimáticos¹¹. La investigación de la ruta de biosíntesis del taxol es útil, en particular porque puede proporcionar una comprensión de la producción de los taxoides que se puede aplicar para su biosíntesis por plantas transgénicas o microorganismos modificados genéticamente. Se han hecho muchos estudios para identificar los genes y las enzimas involucradas en la biosíntesis de taxol. El cultivo in vitro de células vegetales se reconoce como una alternativa potencial para producir taxol a gran escala¹²⁻¹³.

En realidad, diversas técnicas de cultivo de tejidos se utilizan para mejorar el rendimiento de los metabolitos secundarios mediante su respuesta al estrés ante el uso de elicitores o activadores, precursores y la biotransformación, condiciones ambientales variables y modificaciones de los constituyentes del medio de cultivo¹⁴. Los elicitores se pueden utilizar como mejoradores de la biosíntesis del metabolismo secundario vegetal y desempeñan un papel importante en las rutas biosintéticas para una mayor producción de compuestos de importancia comercial¹⁴. Varios metabolitos de especies de plantas ensayadas en cultivo in vitro de células en suspensión se inducen por el suministro exógeno del jasmonato de metilo¹⁵. El ácido jasmónico y el jasmonato de metilo actúan como compuestos de transducción de señales, induciendo inhibidores de proteínas, genes de defensa y aumentando el metabolismo secundario de una gran variedad de plantas¹⁵. Algunos investigadores han encontrado que la aplicación exógena del peróxido de hidrógeno (H₂O₂) es capaz de inducir la formación de metabolitos secundarios¹⁶. Se observó que el H₂O₂ y el O₂ se producen durante la defensa de la planta frente a un patógeno. El glutatión (GSH) juega un papel fundamental como antioxidante en los sistemas de defensa de las plantas contra el estrés ambiental¹⁷. También se ha estudiado la

influencia de elicitores bióticos y abióticos para mejorar la producción y la acumulación de taxol a través de cultivo de tejidos¹⁸⁻²¹. El cultivo in vitro de células y tejidos de *Taxus spp.* está siendo investigado extensamente para aumentar el rendimiento de los taxoides. El análisis de los taxoides requiere una rápida identificación y medición de los principales compuestos presentes en el sistema de cultivo in vitro de células de *Taxus*. El HPLC se utiliza principalmente para la separación y determinación de los taxoides en materiales vegetales y cultivos celulares. El objetivo de esta investigación fue estudiar los efectos de los elicitores: jasmonato de metilo, etanol, butionina de sulfoximina y peróxido de hidrógeno en la producción de tres taxoides producidos en cultivos de células en suspensión de *Taxus globosa*.

MATERIALES Y MÉTODOS

ESTABLECIMIENTO DE CULTIVO DE CÉLULAS Y TRATAMIENTO DE ELICITORES

Se utilizaron callos friables de *Taxus globosa* suministrados en invierno de 2011 por la Dra. Ana Ramos Valdivia, del Laboratorio de Biotecnología de Células Vegetales (Cinvestav, Zacatenco, de México, D.F.) Los callos fueron inducidos a partir de explantes de agujas de *T. globosa* (Schlecht.) y sumergidos en un medio B5 solidificado (GAMBORG *et al.*, 1968) sin Phytigel, suplementado con sacarosa (20 g L⁻¹), Na₂EDTA (100 µM), vitamina B5: mioinositol (550 µM), tiamina (30 µM), piridoxina (0,45 µM), ácido nicotínico (8,2 µM) y reguladores del crecimiento como: ácido 1-naftalenoacético (NAA), bencilaminopurina (BAP), picloram (PIC) a diferentes concentraciones y pH 6.1 ± 1 durante 20-30 días. Para reducir la oxidación de los tejidos se utilizó un antioxidante: polivinilpirrolidona (PVP; 0,4 %). Los cultivos se incubaron a 25 ± 1 °C en la oscuridad, en agitadores orbitales (120 rpm) y se subcultivaron cada 2 semanas. Las células se cultivaron en matraces de 1 L que contenían 200 mL de medio con un tamaño de inóculo de 20 g. El medio se subcultivó cada dos semanas y las células se subcultivaron cada tres semanas. Los matraces se colocaron en un agitador rotatorio a 100 rpm bajo luz continua a 25 ± 1 °C.

INOCULACIÓN Y ELICITACIÓN

Los experimentos se llevaron a cabo en matraces Erlenmeyer de 125 mL que contenían 30 mL de medio fresco. Cada matraz se inoculó con 2 g de peso fresco de células. Después de 14 días de crecimiento, se añadieron elicitores bióticos y abióticos estériles. El jasmonato de metilo se diluyó en etanol y se trabajó con una concentración final de 60 µM (50 µL), 100 y 300 µL de etanol y una combinación de 0,8 µM de butionina de sulfoximina (BSO) y 0,2 µM de peróxido de hidrógeno (H₂O₂). Se añadió agua estéril a los matraces de control. Los cultivos se mantuvieron en un agitador orbital a 25 °C durante 6, 8 y 10 días. Las muestras en fase líquida se recogieron después de la incubación y se analizaron para cuantificar taxol, cefalomanina y 10-diacetil baccatina.

Todos los experimentos se realizaron por triplicado. Todos los elicitores se filtraron a través de filtros de membrana de 0,45 μm . Las células se recogieron por filtración al vacío y los filtrados se recogieron para medir el volumen de medio gastado y la medición de pH con un potenciómetro. El crecimiento celular se evaluó midiendo el aumento de peso celular seco. El ensayo de viabilidad se realizó con el método de diacetato de fluoresceína (FDA)²¹.

ANÁLISIS DE TAXOIDES

Un método de HPLC de fase inversa se desarrolló para cuantificar los niveles extraídos de taxol, cefalomanina y 10-diacetilbaccatina III. Se utilizó un equipo de HPLC Agilent Technologies, modelo 1100, con detector de matriz de fotodiodos (Modelo 1200). La separación cromatográfica se realizó usando una columna de HPLC de fase inversa mca. Fluophase C18 (4,6 x 150 mm). La fase móvil consistió de acetonitrilo-ácido trifluoroacético (87-13). La fase móvil se eluyó a una velocidad de flujo isocrático de 1,8 ml min⁻¹ a 65 °C, pH 3,03, y el efuente se monitorizó a 205 nm. Todas las muestras y las extracciones se filtraron a través de acrodiscos de 47 mm con membrana de nilón (0,45 μm , Millipore Co.) antes de su uso en el análisis de HPLC. Se utilizaron cincuenta microlitros de cada extracto, los cuales se inyectaron en la columna de HPLC. La cuantificación se obtuvo mediante la medición de las relaciones del área de pico del compuesto en el patrón interno. La identificación de taxol, cefalomanina y 10-diacetil baccatina se llevó a cabo por comparación de los tiempos de retención con estándares auténticos (mca. Sigma). Todos los productos químicos utilizados fueron de grado analítico. El contenido de los metabolitos se expresó por microgramo de metabolito por gramo de peso seco de la muestra analizada.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados experimentales indican el promedio de tres repeticiones. Las desviaciones se definieron como errores estándares. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) y las diferencias entre medias se compararon mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

RESULTADOS

Un cultivo en suspensión se desarrolla mediante la transferencia de una porción relativamente friable de callos sobre medio líquido y se mantiene en condiciones adecuadas de aireación, agitación, luz, temperatura y otros parámetros físicos²². La ventaja de este método es que en última instancia puede proporcionar una fuente continua y fiable de productos naturales²³⁻²⁴. Los resultados del color y la textura del cultivo en suspensión de células de *Taxus globosa* se muestran en la figura 1. Los mejores cultivos in vitro de células en suspensión de *Taxus globosa* se originaron en el medio B5 con la adición de ácido naftalenacético (10,74 μM) y picloram

(3,33 μM), siendo las células de aspecto suave y de color verde cristalino, estos tratamientos se utilizaron para el tratamiento de control y los experimentos de elicitación. Diferentes medios basales como B5, MS, SH y WPM se han empleado para la iniciación y mantenimiento de los cultivos de *Taxus*²⁵. Sin embargo, no hay ningún informe notable en la literatura sobre las relaciones entre el medio basal usado en el cultivo celular con la síntesis y secreción de los compuestos taxoides en células de *Taxus spp*. Parece que la concentración y composición de los nutrientes en el medio no solo afectan al crecimiento y viabilidad de las células, sino que también podría alterarse la biosíntesis de los metabolitos²⁶.

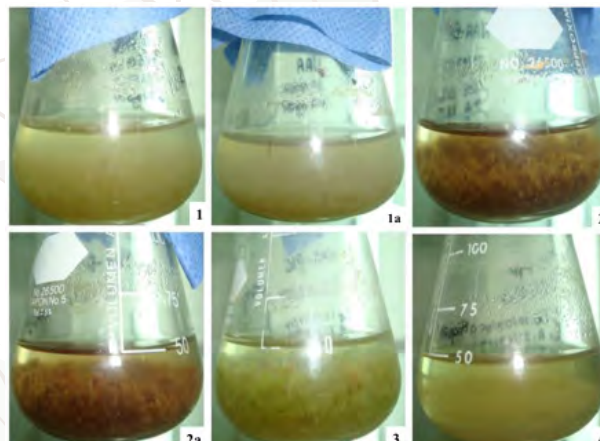


Figura 1. Mantenimiento de cultivos de células en suspensión de *Taxus globosa*. 1) Ácido naftalenacético (10 μM); 2) Ácido naftalenacético (5 μM)/Bencilaminopurina (5 μM); 3) Ácido naftalenacético (10 μM)/Picloram (3 μM) y 4) Picloram (4 μM)/Polivinilpirrolidona (0,2 %) Foto: Autor.

VIABILIDAD CELULAR

La viabilidad celular de los cultivos celulares de *T. globosa* durante la fase de crecimiento fue de 75-98 % a los diez días después del cultivo según lo determinado por la tinción con diacetato de fluoresceína (FDA).

ACUMULACIÓN DE BIOMASA

El efecto de los elicitores en la acumulación de biomasa en cultivos de células en suspensión de *T. globosa* se investigó. La biomasa máxima de cultivos de células en suspensión se obtuvo en el tratamiento de EtOH-2 (0,12 $\pm$ 0,005 mg g⁻¹ de peso seco) en 8 días, mientras que para el control en ese período de tiempo fue de 0,095 $\pm$ 0,2 mg g⁻¹ de peso seco.

PERFILES DE PH

En los cultivos de control de células crecidas en matraces, el pH del medio de cultivo aumentó rápidamente de un pH de 5,3 a 6,0 en 8 días y el pH del medio de cultivo se redujo a 5,6. En los cultivos elicitados con jasmonato de metilo, el pH del medio se mantuvo relativamente

constante entre unidades de pH de 5,7 a 5,8. En los cultivos elicitados con EtOH1, el pH del medio se mantuvo constante, entre pH de 5,2 y 5,3. En los cultivos elicitados con EtOH2, el pH del medio se mantuvo constante, entre pH de 5,2 a los 6, 8 y 10 días. En los cultivos elicitados con BSO-H₂O₂, el pH del medio de cultivo incrementó a 6 en 6 días, y luego se redujo rápidamente a 5,4 en 2 días y aumentó a 6,3 en 2 días (figura 2).

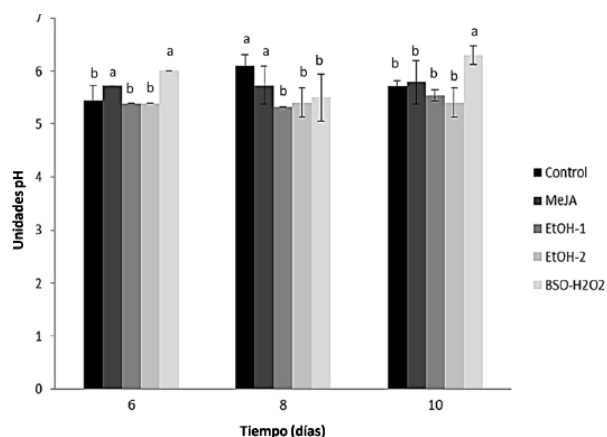


Figura 2. Efecto de los elicitores: etanol (EtOH), jasmonato de metilo (MeJA), combinación de butionina de sulfoximina y peróxido de hidrógeno (BSO + H₂O₂) en el pH del medio de cultivo de células en suspensión de *Taxus globosa*.

Fett-Neto *et al.* (1994) sugirieron que el aumento transitorio del pH interno de las células se debía a la absorción de NH₄⁺²⁷. Wickremesinha y Artega (1994), en el estudio de cultivos en suspensión de *Taxus media*, no encontraron diferencias sustanciales entre los valores de pH del medio después de 21 días de crecimiento, con valores de pH de los medios inicial ajustados a un pH de entre 3 y 7; el pH final en el día 21 fue siempre 5,4-5,6²⁸, resultados similares a los de este trabajo. El flujo de iones estimula la liberación inicial del taxol en el medio de cultivo, así también se ha propuesto la liberación de alcaloides en el caso de *Cinchona spp*²⁹. El máximo volumen de medio gastado fue consumido por el tratamiento de control, y los cultivos elicitados con jasmonato de metilo y con EtOH-1 (figura 3).

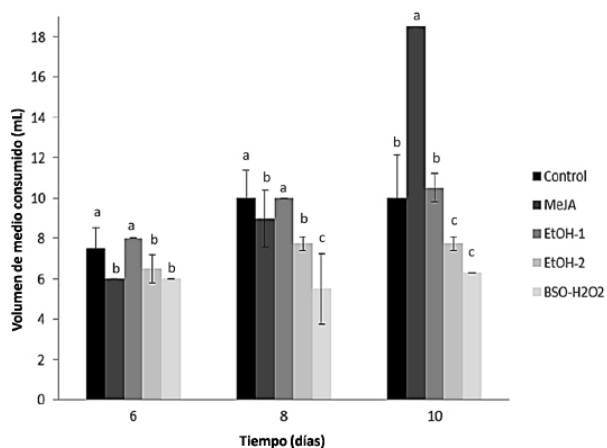


Figura 3. Efecto de los elicitores: etanol (EtOH), jasmonato de metilo (MeJA), combinación de butionina de sulfoximina y peróxido de hidrógeno (BSO + H₂O₂) en el volumen de medio consumido de células en suspensión de *Taxus globosa*.

El medio de cultivo celular funciona como una fuente de nutrientes para las células en crecimiento. Sin embargo, las células fúngicas, bacterianas y animales cultivadas in vitro secretan activamente una serie de metabolitos y proteínas en el medio de cultivo. Por lo tanto, en algún grado, el medio de cultivo también funciona como un compartimento de almacenamiento externo.

EFFECTO DE LOS ELICITORES EN LA PRODUCCIÓN DE 10-DIACETIL BACCATINA.

Los resultados del efecto de los elicitores en la producción de 10-diacetil baccatina en los cultivos en suspensión de células de *Taxus globosa* se muestran en la figura 4.

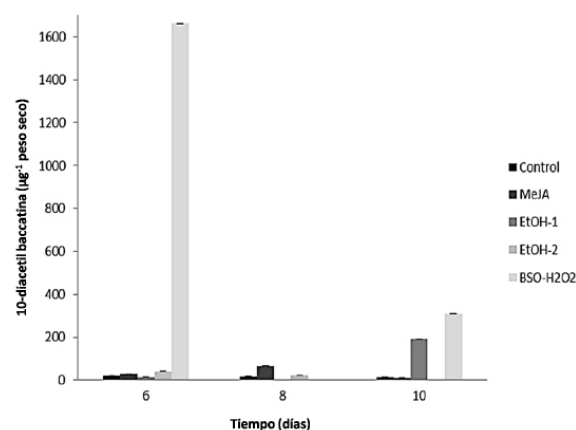


Figura 4. Efecto de los elicitores: etanol (EtOH), jasmonato de metilo (MeJA), combinación de butionina de sulfoximina y peróxido de hidrógeno (BSO + H₂O₂) en la producción (µg g⁻¹ de peso seco) de 10-diacetil baccatina (10-DAB) en cultivos de células en suspensión de *Taxus globosa*.

La máxima concentración de 10-diacetil baccatina fue de 1.662,15 µg g⁻¹ de peso seco con la elicitación de la combinación de butionina de sulfoximina (0,8 µM) y peróxido de hidrógeno (0,2 µM). La combinación de BSO + H₂O₂ incrementó los contenidos de 10-diacetil baccatina en 80,7 veces en 6 días (a pH 6) y 21,66 veces en 10 días (a pH 6,3) en comparación con el control, respectivamente. No hubo acumulación de síntesis de 10-DAB en el octavo día. Nuestros resultados mostraron que la combinación de estos elicitores BSO-H₂O₂ indujeron la síntesis de 10-DAB en los cultivos en suspensión de células de *T. globosa*. El tratamiento con jasmonato de metilo a una concentración de 60 µM indujo los mayores contenidos de 10-diacetil baccatina, aumentando en 2,85 veces en el octavo día después de la elicitación, en comparación con el control (a pH 5,73). El tratamiento con EtOH-1 y EtOH-2 a una concentración de 100 µL y 300 µL indujo los contenidos más altos de 10-diacetil baccatina aumentando en 13,19 y 1,04 veces en el décimo día después de la elicitación, respectivamente, (a pH 5,54 y 5,40, respectivamente), en comparación con el control.

EFFECTO DE LOS ELICITORES EN LA PRODUCCIÓN DE CEFALOMANINA

Los resultados del efecto de elicitors sobre la producción cefalomanina en cultivos de células en suspensión de *Taxus globosa* se muestran en la figura 5.

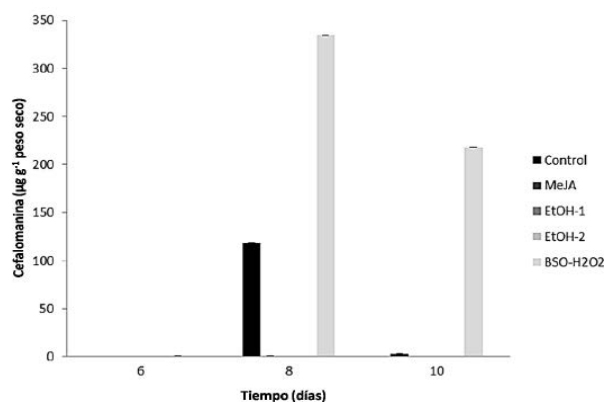


Figura 5. Efecto de los elicitors: etanol (EtOH), jasmonato de metilo (MeJA), combinación de butionina de sulfoximina y peróxido de hidrógeno (BSO + H2O2) en la producción (µg g⁻¹ de peso seco) de cefalomanina (CEP) en cultivos de células en suspensión de *Taxus globosa*.

La concentración máxima de cefalomanina fue de 334,32 µg g⁻¹ de peso seco con la combinación de butionina de sulfoximina (0,8 µM) y peróxido de hidrógeno (0,2 µM). La combinación de BSO + H2O2 aumentó los contenidos cefalomanina en 1,82 veces en 8 días (a pH 5,5) y 78,74 veces en 10 días (a pH 6,3) en comparación con el control, respectivamente. Nuestros resultados mostraron que los elicitors BSO-H2O2 indujeron la síntesis de cefalomanina en los cultivos de células en suspensión de *T. globosa*. La cantidad de producción de cefalomanina en presencia de etanol se redujo en comparación con el tratamiento de MeJA (120 µg g⁻¹ de peso seco en 8 días) y la combinación de BSO + H2O2.

EFFECTO DE LOS ELICITORES EN LA PRODUCCIÓN DE TAXOL

Los resultados del efecto de los elicitors en la producción de taxol en cultivos de células en suspensión de *Taxus globosa* se muestran en la figura 6.

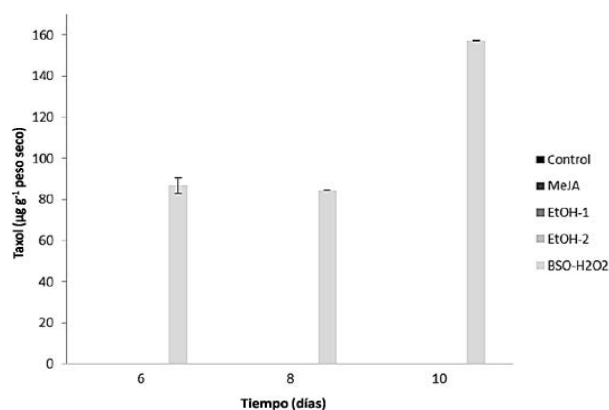


Figura 6. Efecto de los elicitors: etanol (EtOH), jasmonato

de metilo (MeJA), combinación de butionina de sulfoximina y peróxido de hidrógeno (BSO + H2O2) en la producción (µg g⁻¹ de peso seco) de taxol (TAX) en cultivos de células en suspensión de *Taxus globosa*.

La cantidad máxima de la producción de taxol en presencia de la combinación de butionina de sulfoximina (0,8 µM) y peróxido de hidrógeno (0,2 µM) fue de 86,78, 84,2 y 157,0 µg g⁻¹ de peso seco. Por otra parte, la acumulación total máxima de 10-DAB, cefalomanina y taxol fue de 309,12, 217,69, 157,00 µg g⁻¹ de peso seco, respectivamente, para el tratamiento elicitor de BSO-H2O2 a los 10 días después de la elicitación. La acumulación total máxima de 10-DAB fue de 193,50 µg g⁻¹ de peso seco, respectivamente, con el tratamiento elicitor de EtOH-1 a los 10 días después de la elicitación. No se observó acumulación total de cefalomanina y de taxol con las concentraciones de 100 y 300 µL de EtOH-1 y EtOH-2. No se observó acumulación total de taxol con la elicitación de 60 µM de jasmonato de metilo. Por último, no hubo acumulación total de 10-DAB con la elicitación a la concentración de 300 µL de EtOH-2. La razón de los resultados negativos en este estudio son las concentraciones altas usadas de etanol y jasmonato de metilo en comparación con otros estudios. Esto pone de relieve la importancia de la concentración del elicitor en el medio de cultivo que cambia según el tipo de la especie vegetal. Estos resultados podrían deberse a la actividad celular y/o enzimática relacionada con su metabolismo mediante la adición de elicitors bióticos o abióticos.

DISCUSIÓN

El cultivo de células vegetales de *Taxus* spp. se considera un enfoque posible del suministro estable de compuestos de taxol y taxoides relacionados. Dado su importante potencial biosintético, debido a que varios grupos de investigación desde 2009 en México se han interesado en el establecimiento de cultivos in vitro de *T. globosa*, en la obtención de cultivos de callos a partir de agujas y tallos jóvenes, suspensiones celulares a partir de callos para producir taxol y otros taxoides^{7,30,31}. Sin embargo, hasta la fecha, los taxoides reportados en la producción in vitro de *T. globosa* ha sido muy bajo en comparación con otras especies del género, con solo trazas de taxol y otros taxoides y algunas líneas celulares de baja productividad. En los sistemas normales de cultivo de células vegetales, la mayoría de los compuestos se forman en la fase estacionaria. La respuesta del elicitor también depende de la etapa de crecimiento en la mayoría de los sistemas de cultivo. Con algunas excepciones, la mayoría de los cultivos muestran respuesta a la elicitación durante la etapa de crecimiento. La etapa de crecimiento de un cultivo puede afectar no solo a la respuesta cuantitativa del tratamiento elicitor, sino también al patrón de producción. Las plantas responden al estrés biótico y abiótico mediante la activación de diversas reacciones de defensa, incluyendo la muerte celular hipersensible y

la acumulación de metabolitos secundarios³². Muchas especies vegetales mantenidas en cultivos in vitro de células en suspensión acumulan metabolitos secundarios inducidos por el suministro exógeno de jasmonato de metilo¹⁵. Estas moléculas están involucradas en la regulación de muchas rutas biosintéticas que conducen a la producción de metabolitos secundarios³³⁻³⁹. El ácido jasmónico y el jasmonato de metilo actúan como compuestos señalizadores. El jasmonato de metilo induce la biosíntesis de ácido rosmarínico en cultivos de células en suspensión de *Lithospermum erythrorhizon*⁴⁰. La estimulación del taxol en *T. cuspidata*⁴¹ y *T. canadensis*⁴² con etileno y jasmonato de metilo se ha reportado. La producción del taxol en cultivos de células en suspensión de *T. canadensis* se incrementó cuando los cultivos se elicitaron con una combinación de acetil-cetohexosa y jasmonato de metilo. El jasmonato de metilo, un elicitor derivado de lípidos, también se aplicó como un elicitor en combinación con quitopentosa en cultivos de células en suspensión de *T. chinensis* para incrementar la producción de la podofilotoxina. El contenido de baccatina III se incrementó por la adición de jasmonato de metilo, aumentando la actividad de 10-DAB III acetiltransferasa. Por lo tanto, la inducción con jasmonato de metilo es una ruta esencial para producir 10-diacetil baccatina III y baccatina III⁴³. También se ha descrito la producción de hasta 1,17 % de taxol dentro de los cinco días de elicitación con jasmonato de metilo, junto con otros taxoides, tales como 13-acetil-9-dihidrobaccatina, 9-dihidrobaccatina III y baccatina VI⁴⁴. La vía de señalización del jasmonato se conecta a otras vías de señalización, constituyendo así una red de regulación compleja. Los genes regulados por el tratamiento con jasmonato de metilo incluyen los implicados en la biosíntesis del jasmonato, el metabolismo secundario, la formación de la pared celular y los que codifican el estrés-protector y proteínas de defensa⁴⁵⁻⁴⁹.

El efecto de los elicitores depende de muchos factores, tales como la concentración del elicitor, el tiempo de elicitación y la etapa en la que se aplica el elicitor. Además, los elicitores pueden tener un efecto sinérgico. El glutatión (GSH) juega un papel fundamental como antioxidante en los sistemas de defensa de las plantas contra el estrés ambiental y es conocido por ser un agente protector del estrés oxidativo¹⁷. L- γ -glutamyl-L-cisteinil-glicina y la cisteína protegen contra el estrés oxidativo. El GSH es el antioxidante intracelular más abundante que tiene un papel importante en la protección contra las especies reactivas de oxígeno (ROS), el metabolismo de los nutrientes y xenobióticos, y la regulación del estatus redox intracelular⁵⁰⁻⁵¹. La L-butionina sulfoximina (BSO) es un inhibidor específico de la γ -glutamylcisteína sintetasa que bloquea el paso limitante de la velocidad de la biosíntesis del glutatión y al hacerlo agota la reserva intracelular de GSH en células cultivadas⁵², ocasionando un estrés oxidativo que conlleva a la generación y producción de metabolitos secundarios como un mecanismo de defensa. Algunos autores⁵⁷ han establecido un nivel similar de taxol a partir de cultivos

en suspensión de células de *T. brevifolia* después de 10 días de cultivo con medio optimizado conteniendo un 6 % de fructosa. También se ha observado⁵⁸ que la adición de carbohidratos durante el ciclo de crecimiento incrementa la tasa de producción de taxol, el cual se acumula en el medio de cultivo (14,78 mg/L). La influencia de elicitores bióticos y abióticos también se ha estudiado para mejorar la producción y la acumulación de taxol a través de los cultivos⁵³⁻⁶⁰. Por otro lado, la interacción del etanol sobre la membrana celular inhibe la interacción con proteínas de la membrana o receptores celulares. El etanol y otros alcoholes pequeños son surfactantes naturales de interfaces acuosas/orgánicas, y también afectan a la membrana celular estresando mecánicamente e inhibiendo la absorción natural de grupos terminales en las interfaces. Se ha encontrado que⁶¹ el aumento de alcoholes e hidrocarburos con mayores valores de P_o así como de triglicéridos, fueron eficaces y que el alcohol laurílico (LA), en particular, aumenta la productividad de taxol en un sistema de cultivo de dos fases⁶² en un rango de 0,023 y 0,014 mg/L/día⁶¹, respectivamente. La concentración de taxol en el medio de cultivo incluyendo alcohol laurílico fue de 0,018 mg /L, mientras que en el control fue de 0,032 mg/L⁶¹. La concentración de taxol inhibió el crecimiento celular de *T. globosa* en tasas mayores a 0,02 mg/L⁶¹. Por lo tanto, el mayor crecimiento de los callos en el cultivo con alcohol laurílico fue resultado de la disminución de la concentración de taxol en el medio con una concentración de 0,02 mg/L por extracción in situ de taxol con alcohol laurílico. Las concentraciones del taxol y cefalomanina en el medio adicionado con alcohol laurílico disminuyeron en comparación con los del control. En contraste, las concentraciones de baccatina III y 10-diacetil baccatina III en el medio con la adición de alcohol laurílico aumentaron en comparación con los del control⁶¹. En contraste, el metanol (MeOH) se conoce como un producto de desecho bioquímico sin ningún papel biológico en plantas⁶³. La principal fuente de metanol en plantas proviene de la desmetilación de la pectina por la pectina metil esterasa (PME)⁶⁴. La adición exógena de 1 % de metanol en arroz aceleró la biosíntesis de triptófano (Trp) y la de serotonina con la inducción correspondiente de los genes. Ningún otro disolvente, incluyendo el etanol, dio lugar a un efecto de inducción de triptófano⁶⁴. La transducción de señales y la expresión de genes que codifican las enzimas de la biosíntesis de taxoides en cultivos in vitro de células con elicitación exógena de etanol y butionina de sulfoximina es desconocida. El incremento de la concentración de algunos elicitores podría mejorar la biosíntesis y la producción de los taxoides. Los resultados muestran que el contenido de diferentes taxoides en *Taxus globosa* fueron diferentes. Estos resultados podrían deberse a la actividad celular y/o enzimática relacionada en función de su metabolismo mediante la adición del tipo de elicitor, tiempo de elicitación y concentración del elicitor, así como del genotipo; los cuales son parámetros importantes para la acumulación de taxoides. Las aplicaciones adecuadas de este método de cuantificación por HPLC para la

determinación de taxol, cefalomanina y 10-diacetil baccatina y otros taxoides relacionados podrían servir como parámetros para diferentes extractos farmacéuticos de diversas especies de *Taxus* en la presencia de este tipo de compuestos anticancerígenos.

CONCLUSIONES

Los mejores cultivos de células en suspensión de *Taxus globosa* se originaron en el medio B5 con la adición de ácido naftalenacético y picloram.

La adición de la combinación de los elicitores butionina de sulfoximina y peróxido de hidrógeno incrementaron el contenido de los taxoides: taxol, cefalomanina y 10 diacetil baccatina.

BIBLIOGRAFÍA

- ¹ CHUN, F. Z., LONG, J. Y., LI, Q. L. & XIANG, F. Simultaneous identification and determination of major taxoids from extracts of *Taxus chinensis* cell cultures. *Verlag der Zeitschrift für Naturforschung*, (2007), 1-10.
- ² AHMAD, J., KOHLI, K., MIR, S. R. & AMIN, S. Development and validation of RP-HPLC method for analysis of novel self-emulsifying paclitaxel formulation. *Research and Reviews: Journal of Pharmaceutical Analysis*, 2 (2013), 17-27.
- ³ SU, J. R., ZHANG, Z. J. & DENG, J. Study on the taxol content in *Taxus yunnanensis* of different age and different provenance. *Forest Res*, 18 (2005), 369-374.
- ⁴ HUSSAIN, A., AHMED, Q. I., NAZIR, H., ULLAH, I., RASHID, M. *et al.* *In vitro* callogenesis and organogenesis in *Taxus wallichiana* Zucc. The himalayan yew, *Pak. J. Bot*, 45 (2013), 1.755-1.759.
- ⁵ WANN, S. R. & GOLDNER, W. R. Induction of somatic embryogenesis in *Taxus* and the production of taxane ring containing alkaloids there from. *US Pat 5310672*, (1994).
- ⁶ LIAO, Z., CHEN, M., SUN, X. & TANG, K. Micropropagation of endangered plant species. *Methods Mol. Biol*, 318 (2006), 179-185.
- ⁷ BARRALES-CUREÑO, H. J., SOTO, H. M., RAMOS, V. A., TREJO, T. L., MARTÍNEZ, V. M. *et al.* Extracción y cuantificación de taxoides por HPLC en hojas in situ y en callos inducidos in vitro de *Taxus globosa*. Schlecht, *Spanish Journal of Rural Development*, 2 (2011).
- ⁸ BARRALES-CUREÑO, H. J. & SOTO, M. H. Taxoids: secondary metabolites of the yew tree (*Taxus spp.*). *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 18 (2012), 207-218.
- ⁹ BARRALES-CUREÑO, H. J. & RAMÍREZ, M. S. A review on the production of taxoids anti-cancer of callus and cells of *Taxus spp.* in cultures in vitro. *Rev Colombiana de Biotecnología*, 15 (2013), 167-177.
- ¹⁰ NICOLAOU, K. C., DAI, W. M. & GUY, R. K. Chemistry and biology of *Taxol* *Angew. Chem. Int. Ed. Engl*, 33 (1994), 15-44.
- ¹¹ GUO, B. H., KAI, G. Y., JIN, H. B. & TANG, K. X. Taxol synthesis. *African Journal of Biotechnology*, 5 (2006), 015-020.
- ¹² TAPIA, N., ZAMILPA, A., BONFILL, M., VENTURA, E., CRUZ-VEGA, D., DEL VILLAR, A., CRUZ-SOSA, F. & OSUNA, L. Effect of the culture medium and biotic stimulation on taxane production in *Taxus globosa* Schltdl in vitro cultures. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35 (2013), 3.447-3.455.
- ¹³ KHOSROUSHAHI, A. Y., VALIZADEH, M., GHASEMPOUR, A., KHOSROWSHAHLI, M., NAGHDIBADI, H. *et al.* Improved taxol production by combination of inducing factors in suspension cell culture of *Taxus baccata*. *Cell Biol. Int*, 30 (2006), 262-269.
- ¹⁴ PATEL, H. & KRISHNAMURTHY, R. Elicitors in plant tissue culture. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2 (2013), 60-65.
- ¹⁵ LINDEN, J. C. & PHISALAPHONG, M. Oligosaccharides potentiate methyl jasmonate-induced production of paclitaxel in *Taxus canadensis*. *Plant Science*, 158 (2000), 41-51.
- ¹⁶ NAKAGAWARA, S., NAKAMURA, N., GUO, Z., SUMUTANI, K. & OHTA, Y. Enhanced formation of constitutive sesquiterpenoid in cultured cells of Liverwort. *Plant Cell Physiol*, 34 (1992), 421-429.
- ¹⁷ GHAFORI, R., BERNARD, F., ABOLMAALI, S. & MOUSAVI, A. Improved effect of glutathione on the induction and growth of *Taxus baccata* L. callus 3. *Annals of Biological Research*, 4 (2012), 1.726-1.730.
- ¹⁸ STROBEL, G., STIERLE, A. & VAN KUIJK, F. J. G. M. Factors influencing the *in vitro* production of radiolabeled taxol by Pacific yew. *Taxus brevifolia*, *Plant Sci*, 84 (1992), 65-74.
- ¹⁹ CIDDI, V., SRINIVASAN, V. & SHULER, M. L. Elicitation of *Taxus sp.* cell cultures for production of taxol. *Biotechnology Lett*, 17 (1995), 1.343-1.346.
- ²⁰ YUKIMUNE, Y., TABATA, H., HIGASHI, Y. & HARA, Y. Methyl jasmonate induced overproduction of paclitaxel and baccatin III in *Taxus* cell suspension cultures. *Nat Biotechnol*, 14 (1996), 1.129-1.132.

- ²¹ WIDHOLM, J. The use of fluorescein diacetate and phenosafranine for determining viability of cultured plant cells. *Stain. Technol*, 47 (1972), 189-194.
- ²² CHATTOPADHYAY, S., FARKYA, S., SRIVASTAVA, A. K. & BISARIA, V. S. Bioprocess considerations for production of secondary metabolites by plant cell suspension cultures. *Biotechnol. Bioprocess Eng*, 7 (2002), 138-149.
- ²³ LILA, K. M. *Valuable secondary products from in vitro culture, Secondary Products In Vitro*. CRC Press LLC, 2005, 285-289.
- ²⁴ RAO, R. S. & RAVISHANKAR, G. A. Plant tissue cultures; chemical factories of secondary metabolites. *Biotechnol. Adv*, 20 (2002), 101-153.
- ²⁵ MAHESHWARI, P., GARG, S., KUMAR, A. Taxoids: Biosynthesis and *in vitro* production. *Biotechnol Mol Biol Rev*, 3 (2008), 071-087.
- ²⁶ ABBASI, K. A., MOGHIM, S. & REZA, M. M. Optimization of the basal medium for improving production and secretion of taxanes from suspension cell culture of *Taxus baccata* L. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 20 (2012), 54-59.
- ²⁷ FETT-NETO, A. G., ZHANG, W. Y. & DICOSMO, F. Kinetics of taxol production, growth, and nutrient uptake in cell suspensions of *Taxus cuspidata*. *Biotechnol Bioeng*, 44 (1994), 205-210.
- ²⁸ WICKREMESINHE, E. R. M. & ARTECA, R. N. *Taxus* callus cultures: optimizing growth and production of taxol. *J. Plant Physiol*, 144 (1994), 183-188.
- ²⁹ PARR, A. J., ROBINS, R. J., & RHODES, M. J. C. Natural transport of *Cinchona* alkaloids. Poster Phytochem Soc Eur Meet Plant products and the new technology, April 1985, Swansea, (1985).
- ³⁰ BARRIOS, H., ZHANG, Y. L., SANDOVAL, C. & XIAO, Z. A. Increase of taxol production in *Taxus globosa* shoot callus by chlorocholine chloride. *Open Nat Prod J*, 2 (2009), 33-37.
- ³¹ TAPIA, N., ZAMILPA, A., BONFILL, M., VENTURA, E., CRUZ-VEGA, D. *et al.* Effect of the culture medium and biotic stimulation on taxane production in *Taxus globosa* Schltdl *in vitro* cultures. *Acta Physiol Plant*, 35 (2013), 3.447-3.455.
- ³² BUCHANAN, B. B., GURISSEM, W. & JONES, R. L. *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*, 1st ed. American Society of Plant Physiologists, 2000, 1.250-1.316.
- ³³ BOLLER, T. Chemoperception of microbial signals in plant cells, *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol*, 46 (1995), 189-214.
- ³⁴ NENNSTIEL, D., SCHEEL, D. & NURNBERGER, T. Characterization and partial purification of an oligopeptide elicitor receptor from parsley (*Petroselinum crispum*). *FEBS Lett*, 431 (1998), 405-410.
- ³⁵ BLUME, B., NURNBERGER, T., NASS, N. & SCHEEL, D. Receptor mediated increase in cytoplasmic free calcium required for activation of pathogen defense in parsley. *Plant Cell*, 12 (2000), 1.425-1.440.
- ³⁶ LAMB, C. & DIXON, R. A. The oxidative burst in plant disease resistance. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol*, 48 (1997), 251-275.
- ³⁷ YANG, Y., SHAN, J. & KLESSIG, F. Signal perception and transduction in plant defense response. *Genes Dev*, 11 (1997), 1.621-1.639.
- ³⁸ FLESCHER, E. Jasmonates in cancer therapy. *Cancer Letters*, 245 (2007), 1-10.
- ³⁹ MARSIK, P., LANGHANSOVA, L., DVORAKOVA, M., CIGLER, P., HRUBY, M. *et al.* Increased ginsenosides production by elicitation of *in vitro* cultivated *Panax Ginseng* adventitious roots. *Med Aromat Plants*, 3 (2014), 1-5.
- ⁴⁰ DORNENBURG, H. & KNORR, D. Strategies for the improvement of secondary metabolite production in plant cell cultures. *Enzyme Microb. Technol*, 17 (1995), 674-684.
- ⁴¹ MIRJALILI, N. & LINDEN, J. C. Methyl jasmonate induced production of taxol in suspension cultures of *Taxus cuspidata*: ethylene interaction and induction models. *Biotechnol. Prog*, 12 (1996), 110-118.
- ⁴² PHISALAPHONG, M. & LINDEN, J. C. Ethylene and methyl jasmonate interaction and induction models for elicited biosynthetic steps of paclitaxel in suspension cultures of *Taxus canadensis*. *Biology and Biotechnology of the Plant Hormone Ethylene*. Editat per Kluwer & Dordrecht, 1999, 85-94.
- ⁴³ ZHANG, J. & GUO, Z. Effect of methyl jasmonic acid on baccatin III biosynthesis. *Tsinghua Science And Technology*, 11 (2006), 363-367
- ⁴⁴ LUO, J. P., MU, Q. & GU, Y. H. Protoplast culture and paclitaxel production by *Taxus yunnanensis*. *Plant Cell, Tissue Organ Culture*, 59 (1999), 25-29.
- ⁴⁵ CHEONG, J. J. & CHOI, Y. D. Methyl jasmonate as a vital substance in plants. *Trends Genet*, 19 (2003), 409-413.
- ⁴⁶ OROZCO-CÁRDENAS, M. L., NARVÁEZ-VÁSQUEZ, J. & RYAN, C. A. Hydrogen peroxide acts as a second messenger for the induction of defense genes in tomato plants in response to wounding, systemin, and methyl jasmonate. *The Plant Cell*, 13 (2001), 179-191.

- ⁴⁷ KOVTUN, Y., CHIU, W. L., TENA, G. & SHEEN, J. Functional analysis of oxidative stress-activated mitogen-activated protein kinase cascade in plants. *Proc. Natl. Acad. Sci, USA* 97 (2000), 2.940-2.945.
- ⁴⁸ THOMA, I., LOEFFLER, C., SINHA, A. K., GUPTA, M., KRISCHKE, M., STEFFAN, B. *et al.* Cyclopentenone isoprostanes induced by reactive oxygen species trigger defense gene activation and phytoalexin accumulation in plants. *Plant J*, 34 (2003), 363-375.
- ⁴⁹ APEL, K. & HIRT, H. Reactive oxygen species: Metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annu. Rev. Plant Biol*, 55 (2004), 373-399.
- ⁵⁰ ANDERSON, M. E. Glutathione: an overview of biosynthesis and modulation. *Chem. Biol. Interact*, 111 (1998), 1-14.
- ⁵¹ WU, G., FANG, Y. Z., YANG, S., LUPTON, J. R. & TURNER, N. D. Glutathione metabolism and its implications for health. *J. Nutr*, 134 (2004), 489-492.
- ⁵² LEWIS-WAMBI, J. S., KIM, H. R., WAMBI, C., PATEL, R., PYLE, J. R. *et al.* Buthionine sulfoximine sensitizes antihormone-resistant human breast cancer cells to estrogen-induced apoptosis. *Breast Cancer Research*, 10 (2008), 1-13.
- ⁵³ GRIFFITH, O. W. Mechanism of action, metabolism, and toxicity of buthionine sulfoximine and its higher homologs, potent inhibitors of glutathione synthesis. *J. Biol. Chem*, 257 (1982), 13.704-13.712.
- ⁵⁴ ORTEGA, A. L., MENA, S. & ESTRELA, J. M. Glutathione in Cancer Cell Death. *Cancers*, 3 (2011), 1.285-1.310.
- ⁵⁵ FETT-NETO, A. G., MELANSON, S. J., NICHOLSON, S., PENNINGTON, J. & DICOSMO, F. Improved taxol yield by aromatic carboxylic acid and amino acid feeding to cell cultures of *Taxus cuspidata*. *Biotechnology and Bioengineering*, 44 (1994), 966-971.
- ⁵⁶ SRINIVASAN, V., PESTCHANKER, L., MOSER, S., HIRASUMA, T. J., TATICEK, R. A. *et al.* Taxol production in bioreactors: kinetics of biomass accumulation, nutrient uptake, and taxol production by cell suspension of *Taxus baccata*. *Biotechnol. Bioeng*, 47 (1995), 666-676.
- ⁵⁷ KIM, J. H., YUN, J. H., HWANG, Y. S., BYUN, S. Y. & KIM, D. I. Production of taxol and related taxanes in *Taxus brevifolia* cell cultures: effect of sugar. *Biotechnol. Lett*, 17 (1995), 101-106.
- ⁵⁸ KETCHUM, R. & GIBSON, D. Paclitaxel production in suspension cell cultures of *Taxus*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 46 (1996), 9-16.
- ⁵⁹ PARC, G., CANAGUIER, A., LANDRE, P., HOCQUEMILLER, R., CHRIQUI, D. *et al.* Production of taxane with biological activity by plants and callus culture from selected *Taxus* genotypes. *Phytochemistry*, 59 (2002), 725.
- ⁶⁰ RIVERA, J. L. & LIMA, E. Efecto desorbedor del metanol en la membrana celular. *TIP Rev Esp en Ciencias Químico-Biológicas*, 16 (2013), 93-97.
- ⁶¹ YAMAMOTO, S., TAURA, K., HAYASHI, S. & SHIOYA, S. Effect of lauryl alcohol on production of taxanes in a suspension callus culture. *Solvent Extraction Research and Development*, 21 (2014), 95-101.
- ⁶² YAMAMOTO, S., OGAWA, K., HAYASHI, S. & FURUSAKI, S. Effect of increased volume fraction of organic solvents on callus growth and taxol production in simultaneous suspension callus culture of *Taxus baccata* and *in situ* extraction. *Solvent Extr. Res. Dev*, 14 (2007), 71-77.
- ⁶³ FALL, R. & BENSON, A. A. Leaf methanol-the simplest natural product from plants. *Trends Plant Sci*, 1 (1996), 296-301.
- ⁶⁴ KANG, K., PARK, S., NATSAGDORJ, U., KIM, Y. S. & BACK, K. Methanol is an endogenous elicitor molecule for the synthesis of tryptophan and tryptophan-derived secondary metabolites upon senescence of detached rice leaves. *The Plant Journal*, 66 (2011), 247-257.

El uso del tejo en el yacimiento neolítico antiguo del Camp del Colomer (Andorra)

PIQUÉ, R.¹, FORTÓ, a.², VIDAL, A.²

¹Departament de Prehistòria, Universitat Autònoma de Barcelona, raquel.pique@uab.cat

²Àrea de Protecció del Patrimoni Immoble, Patrimoni Cultural d'Andorra.

RESUMEN

L'estudi de les restes de fusta carbonitzada del jaciment a l'aire lliure del Camp del Colomer (Juberri, Andorra) ha permès documentar que la recol·lecció dels combustibles vegetals es va realitzar en un entorn on dominaven roures, pins i teixos. El jaciment es troba situat a 1335 m. s.n.m en el vessant d'obaga de la vall del riu Valira. L'abundància de restes de teix en el conjunt del Camp del Colomer contrasta amb les dades obtingudes per altres jaciments del neolític antic del Pirineu i Prepirineu on si bé es documenta el consum de teix la seva presència sempre és baixa. El teix és un tret distintiu del Camp del Colomer respecte a altres jaciments neolítics del Pirineu i Prepirineu, el que podria ser resultat d'una major disponibilitat local, però també, probablement, d'unes pràctiques econòmiques centrades en l'aprofitament preferent d'aquesta espècie. A inicis del neolític el teix podria haver tingut una àrea d'expansió més àmplia, tant degut a les condicions climàtiques més humides com a que la pressió antròpica sobre aquesta espècie no hauria estat encara tan important com en èpoques posteriors. Però no es pot deixar de considerar que la importància del teix en el conjunt del Camp del Colomer estigui relacionada amb les activitats ramaderes o amb altres usos de la seva fusta.

ABSTRACT

The study of the remains of charred wood from the open air site of Camp Colomer (Juberri, Andorra) has allowed documenting that the gathering of firewood took place in an environment dominated by oaks, pines and yews. The site is located 1335 meters asl on the shady side of the river Valira valley. The abundance of yew remains in Camp del Colomer contrasts with data obtained for other early Neolithic sites in the Pyrenees and Pre-Pyrenees where, although consumption of yew is documented, their presence is always low. The yew is a distinctive feature of Camp Colomer in relation to other Neolithic sites in the Pyrenees and Pre-Pyrenees. The important presence of yew in the site could be the result of local availability, but probably also of some economic practices centred in the use of this species. In the early Neolithic yew might have had a larger expansion area than today. But the importance of yew in Camp del Colomer could be related to livestock activities or other uses of wood.

PALABRAS CLAVE

Taxus baccata, neolític, Pirineos

INTRODUCCIÓN

Los bosques han sido explotados a lo largo de la historia para obtener leña, madera para la manufactura y la construcción, alimento para los humanos y el ganado, plantas medicinales, fibras vegetales de todo tipo, resinas, etc. El consumo de los recursos leñosos ha dejado en el registro arqueológico diversos tipos de evidencias, entre las que los carbones procedentes del consumo de la leña son las más abundantes. El estudio de estos restos de madera carbonizada es una herramienta única para comprender las estrategias de explotación forestal desarrolladas por las sociedades humanas. La recolección de la leña es una actividad realizada en el marco de las estrategias económicas, por lo que su estudio permite representar estas estrategias y analizar tanto los factores que las han determinado como los cambios que en éstas se han producido a lo largo del tiempo.

Consideramos que las estrategias de explotación forestal están determinadas históricamente por variables como las necesidades sociales o demanda de materias primas, la oferta de recursos leñosos, el desarrollo tecnológico y las formas de organización de la producción (PIQUÉ, 1999). El hecho de que estos factores hayan variado a lo largo del tiempo o sean diferentes entre sociedades contemporáneas hace, a veces, difícil evaluar el factor causal que ha conducido a una determinada composición de los conjuntos antracológicos.

Las necesidades sociales determinan en cada momento histórico las estrategias de aprovechamiento de los recursos, pero no se puede olvidar que la oferta de recursos leñosos del medio ambiente condiciona los recursos a utilizar. Por este motivo los carbones arqueológicos son también un testimonio de la composición del paisaje vegetal en los momentos de la ocupación de los asentamientos. Sin embargo los carbones se acumulan en los yacimientos arqueológicos como resultado de las acciones humanas y no de factores ambientales, por ello la imagen de la vegetación que proporcionan es sesgada, los taxones representados son sólo aquellos que han sido utilizados.

El estudio de los restos de madera carbonizada del yacimiento al aire libre de Camp del Colomer (Juberri, Andorra) ha proporcionado evidencias del aprovechamiento de los recursos leñosos entre 4500y 3956 cal ANE1.

1 La obtención de cinco dataciones radiocarbónicas sobre muestras de vida corta, dibujan dos ocupaciones consecutivas que, calculadas a dos sigmas, nos dan unas horquillas entre 4500-4355 cal ANE (dataciones Beta-325686 y CNA-2257.1.1) la primera y entre 4324-3956 (dataciones Beta-325684, Beta-325685 y CNA-2257.1.1) la segunda.

El estudio de estos residuos de combustión ha permitido documentar un uso inusitado de madera de tejo (*Taxus baccata*) como combustible por parte de los pobladores del asentamiento. Los datos obtenidos en Camp del Colomer contrastan con lo que se observa para esta época en otros yacimientos. El objetivo de este trabajo es presentar los resultados del estudio de los carbones de este yacimiento y su contextualización en relación a los yacimientos del NE peninsular. Se discute la singularidad del yacimiento y se valoran las posibles causas de la abundancia de esta especie en el conjunto.

MATERIAL Y MÉTODOS

El yacimiento del Camp del Colomer se localiza en Andorra en el término municipal de Jubberri (figura 1). Se encuentra situado a 1385 m snm y unos 535 m sobre el fondo de valle, en la vertiente de umbría del valle del río Valira. En el yacimiento se han documentado diversas estructuras entre las que se encuentran silos, fondos de cabañas y cubetas. Los materiales permiten situar cronológicamente la ocupación documentada durante el neolítico epicardial final (FORTÓ, MAESE & VIDAL 2010; FORTÓ & AL. en prensa).

Los restos de madera carbonizada fueron recogidos a mano durante la excavación y durante la flotación de los sedimentos de las diferentes UE documentadas. Algunas de las UE han proporcionado una gran cantidad de restos, por este motivo se ha llevado a cabo un submuestreo en el laboratorio. Se ha estudiado un mínimo de 25 fragmentos por UE, o la totalidad de los restos cuando éstos eran poco abundantes. Por otra parte en dos casos se han analizado 25 fragmentos adicionales a modo de muestra de control para verificar la representatividad del muestreo con respecto a la diversidad observada. En total han sido estudiados 862 fragmentos de carbón procedentes 45 UE.

La clasificación taxonómica de los carbones arqueológicos parte del estudio de la microanatomía y de su comparación con material de referencia actual. El análisis anatómico se efectúa mediante un microscopio óptico de luz reflejada equipado con objetivos que permiten de 40 a 500 aumentos. Para la identificación es necesario estudiar los tres planos anatómicos de la madera (transversal, longitudinal radial y longitudinal tangencial), la preparación de los planos anatómicos se hace mediante la fractura manual del fragmento de carbón. Las claves de identificación utilizadas son las publicadas por Schweingruber (1990) para las especies leñosas europeas.

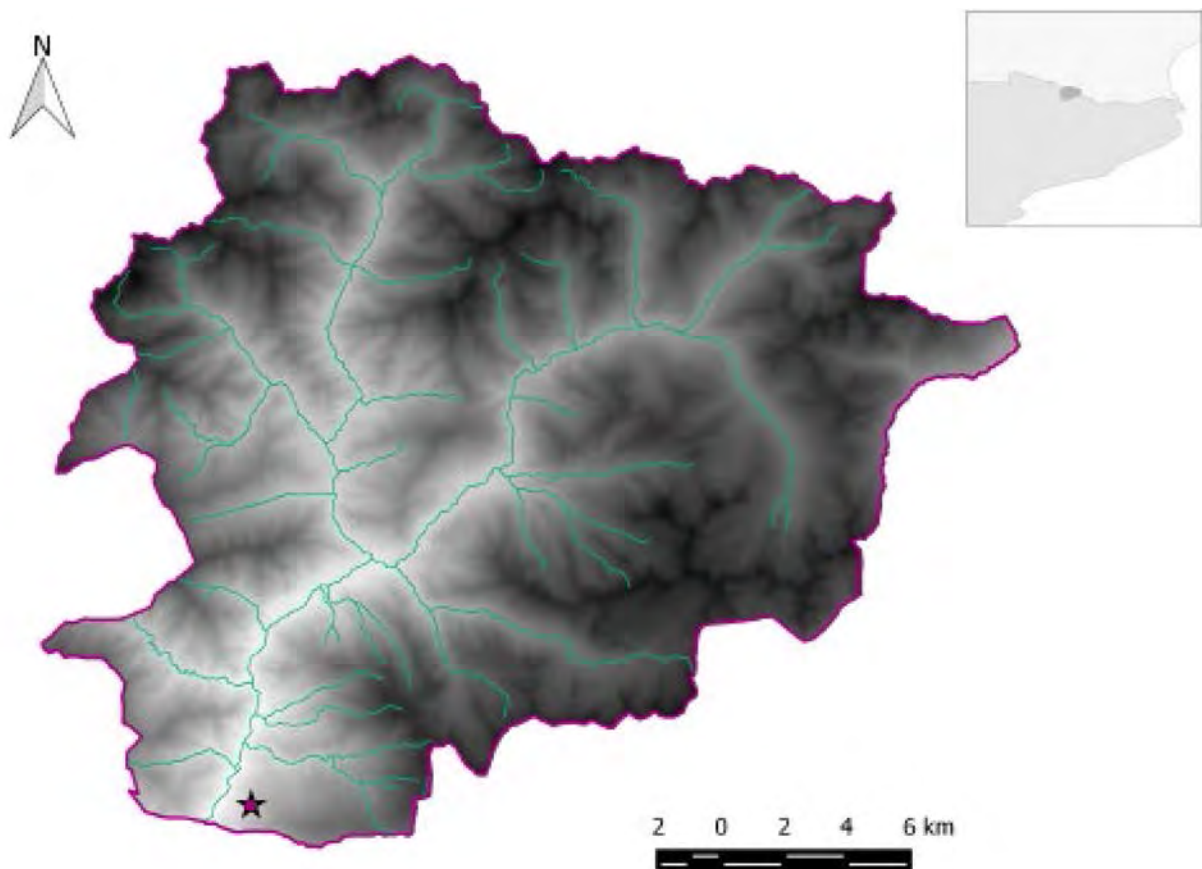


Figura 1.- Localización del yacimiento de Camp del Colomer

RESULTADOS

El estudio ha permitido determinar el consumo de un número mínimo de 9 taxones: avellano (*Corylus avellana*), fresno (*Fraxinus* sp), laurel (cf *Laurus nobilis*), pino tipo silvestre-salgareño (*Pinus sylvestris-nigra*), un representante de la subfamilia de las pomoideas (Pomoideae), roble (*Quercus* sp caducifolio), encina-coscoja (*Quercus* sp esclerófilo), sauce (*Salix* sp) y tejo (*Taxus baccata*). La distribución de restos por taxón y su recurrencia entre las UE analizadas es variable, probablemente debido al uso que se hizo de estas especies (figura 2).

Taxón	Fragmentos	UE
<i>Corylus avellana</i>	2	1
<i>Fraxinus</i> sp	3	1
cf <i>Laurus nobilis</i>	1	1
No determinables	12	8
<i>Pinus tipus sylvestri- nigra</i>	191	15
Pomoideae	2	1
<i>Quercus</i> sp caducifolio	330	29
<i>Quercus</i> sp esclerófilo	2	1
Salicaceae	1	1
<i>Salix</i> sp	3	2
<i>Taxus baccata</i>	315	20
Total restos determinados	850	
Indeterminados	12	
Total taxones	9	

Figura 2.- Resultados del análisis antracológico

Son tres los taxones documentados de manera significativa en el Camp del Colomer: pino, roble y tejo. Estos tres taxones suman el 98% de los restos determinados (figura 3). El resto apenas está representado por el 2% de los restos analizados.

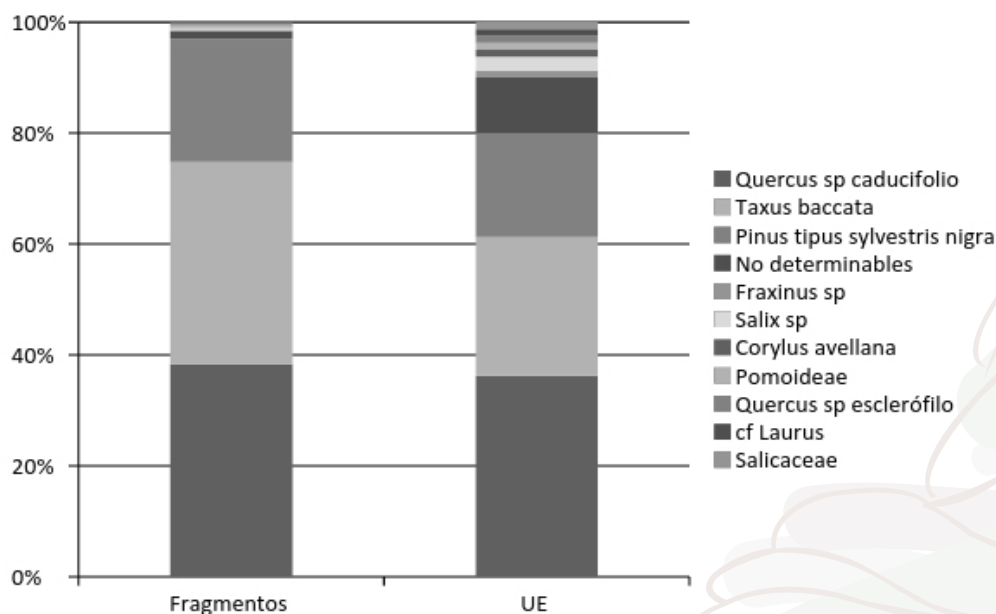


Figura 3.- Representación gráfica de los porcentajes de los taxones determinados en Camp del Colomer.

DISCUSION

Los restos de madera carbonizada permiten inferir las características de las áreas de captación donde se recolectaron los combustibles. Dado que la recolección del combustible es una actividad que generalmente se desarrolla a nivel local, los restos de carbones corresponden a especies arbóreas y arbustivas que pudieron crecer en las formaciones forestales de las inmediaciones del asentamiento en el momento de la ocupación. En este conjunto destaca la presencia de roble y de pino tipo silvestre-salgareño. Son dos de los taxones más abundantes que podrían haber ocupado las zonas más cercanas al asentamiento, el roble ocupando las cotas más bajas y el pino las más elevadas. No es posible determinar a partir de los carbones si se trata de pino salgareño o pino silvestre, ambas especies podrían crecer en este entorno, aunque actualmente el pino salgareño es el que ocupa las zonas de mayor altitud.

La vegetación de ribera también está representada en el conjunto por el fresno, el avellano y el sauce. Las tres son especies que prosperan en las inmediaciones de los cursos de agua. En la actualidad varios cursos de agua se sitúan a menos de una hora de marcha a pie desde el yacimiento. Estas tres especies apenas representan el 1% de los restos determinables, por lo que cabe pensar que los bosques de ribera no fueron objeto de explotación intensiva para recolectar la leña.

Otros taxones representados en bajas frecuencias son las pomoideas y la encina-coscoja. Las pomoideas comprenden un conjunto de especies con frutos tipo pomos, son típicas de la montaña, en los Pirineos encontramos por ejemplo el serbal (*Sorbus* sp). También la presencia de dos fragmentos de *Quercus* tipo esclerófilo apunta la existencia de zonas con mayor influencia mediterránea, el bajo número de restos de este taxón apuntaría sin embargo a una menor accesibilidad de este, tal vez por encontrarse más alejado.

Todas estas especies viven todavía en la actualidad en las áreas de captación del yacimiento, lo que denotaría que durante el V milenio ANE el robledal ya estaría instaurado en las cotas medias pirenaicas. Actualmente el yacimiento se encuentra en el piso de vegetación montano, en el dominio de la vegetación eurosiberiana donde prosperan los árboles caducifolios. La vegetación potencial del lugar la constituyen los robledales submediterráneos de roble pubescente, con pinares de pino silvestre en las cotas más elevadas. En el piso subalpino predominan en cambio los pinares de pino negro y el abetal. En este sector pirenaico la vegetación mediterránea prospera en las solanas de baja altitud.

Una mención especial merece el tejo. Es el segundo taxón mejor representado en el conjunto, un 38,8 % de los restos determinables pertenecían a esta especie. Actualmente esta especie no está presente en las inmediaciones del yacimiento por lo que cabe preguntarse su origen y la causas de su incorporación en el conjunto arqueológico. La distribución actual del tejo se restringe al área pre-pirenaica, donde ha quedado relegado a las torrenteras y barrancos sombríos, o en pequeños rodales dentro de los bosques de roble, haya o pino silvestre (CARITAT & AL. 2010, 2014) siendo las tejedas de la Serra de Cadí-Moixeró las más cercanas. Sin embargo la distribución del tejo podría haber sido más amplia durante el V milenio antes de nuestra era y que por lo tanto en zonas más cercanas al yacimiento pudiera haber áreas favorables para su expansión. Los datos arqueobotánicos permiten plantear que a inicios del neolítico el tejo pudo tener una área de expansión más amplia que en la actualidad (UZQUIANO & AL 2014), tanto debido a las condiciones climáticas más húmedas como a que la presión antrópica sobre esta especie no habría sido aún tan importante como en épocas posteriores.

Podemos afirmar que el uso del tejo no fue puntual o marginal en el Camp del Colomer. Además de la abundancia de restos determinados que pertenecen a esta especie (38,8%), está presente en 20 de las UE analizadas (figura 4). Lo encontramos en la EI 2, interpretada como fondo de cabaña, en algunas de las estructuras de función

indeterminada y los rellenos de silos y fosas. Es decir que sus restos están distribuidos en estructuras formadas en diferentes momentos, lo que indica que su uso no es circunstancial y que fue recurrente a lo largo de toda la ocupación.

La gran abundancia de tejo en el yacimiento y la recurrencia en su uso contrasta con lo observado en otros yacimientos contemporáneos o posteriores del Nordeste peninsular. Son diversos los yacimientos de cronologías neolítico antiguo (VI-V milenio a C) de la vertiente sur del Pirineo y Pre-pirineo donde se han documentado restos de tejo. El más cercano es la Balma de la Margineda también localizado en Andorra a 970 m s.n.m. (LEROYER & HEINZ, 1992; GUILAINE & MARTZLUFF 1995), aunque también hay que mencionar los yacimientos de Plansallosa, Cova 120 y Cova de l'Avellaner (ROS, 1995, 1996), todos ellos en la comarca de la Garrotxa, o la Draga en Banyoles (PIQUÉ, 2000). En todos estos yacimientos sin embargo los restos de tejo apenas están representados por unos pocos fragmentos, solo en Balma de la Margineda alcanza el 5% de los restos determinados. Tan significativa como la presencia de tejo es su total ausencia en otros yacimiento cercanos a Camp de Colomer, como por ejemplo la Feixa del Moro (3700-3300 cal ANE), situado también en Juberri a 1335 m snm.

Si se amplía la prospectiva a otros yacimientos del NE de la Península Ibérica es todavía más remarcable la aparición y elevada frecuencia del tejo en Camp del Colomer (figura 3). Para cronologías neolíticas el tejo tan solo ha sido documentado en los citados yacimientos de Andorra, Pla de l'Estany y La Garrotxa (LEROYER & HEINZ 1992; OBEA & AL 2011, PIQUÉ 2000, 2002; ROS 1995, 1996), fuera de este ámbito geográfico sólo se ha documentado en el yacimiento de la Cova del Frare, en el Vallès Occidental (ROS 1996). Cabe señalar que mientras que en Andorra y el Vallès aparece en yacimientos situados por encima de los 900 m, en la Garrotxa y Pla de l'Estany se documenta en altitudes que no superan los 460 m. Las diferencias en relación a otros yacimientos de Neolítico obviamente no se limitan a la presencia de tejo, los yacimientos se sitúan en áreas biogeográficas y

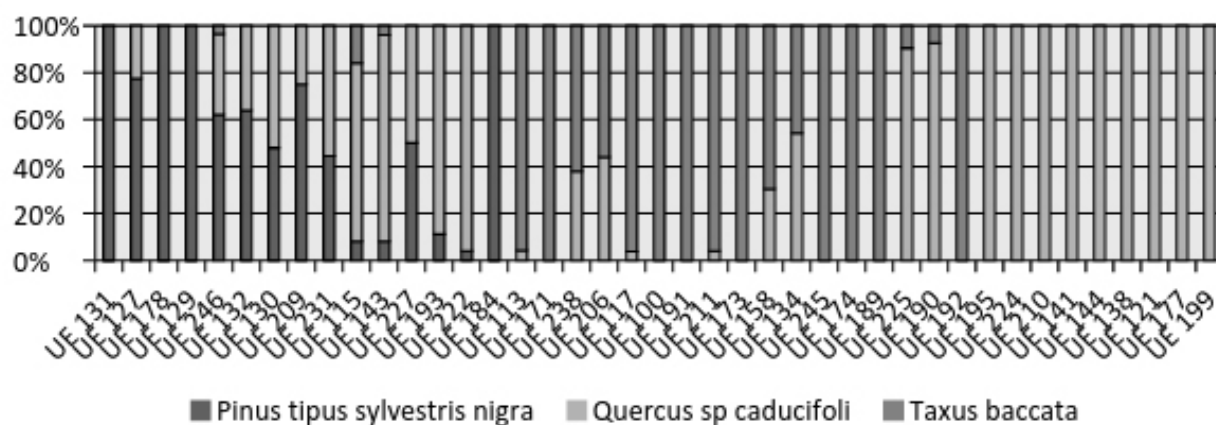


Figura 4.- Distribución de los principales taxones entre las UE de Camp del Colomer.

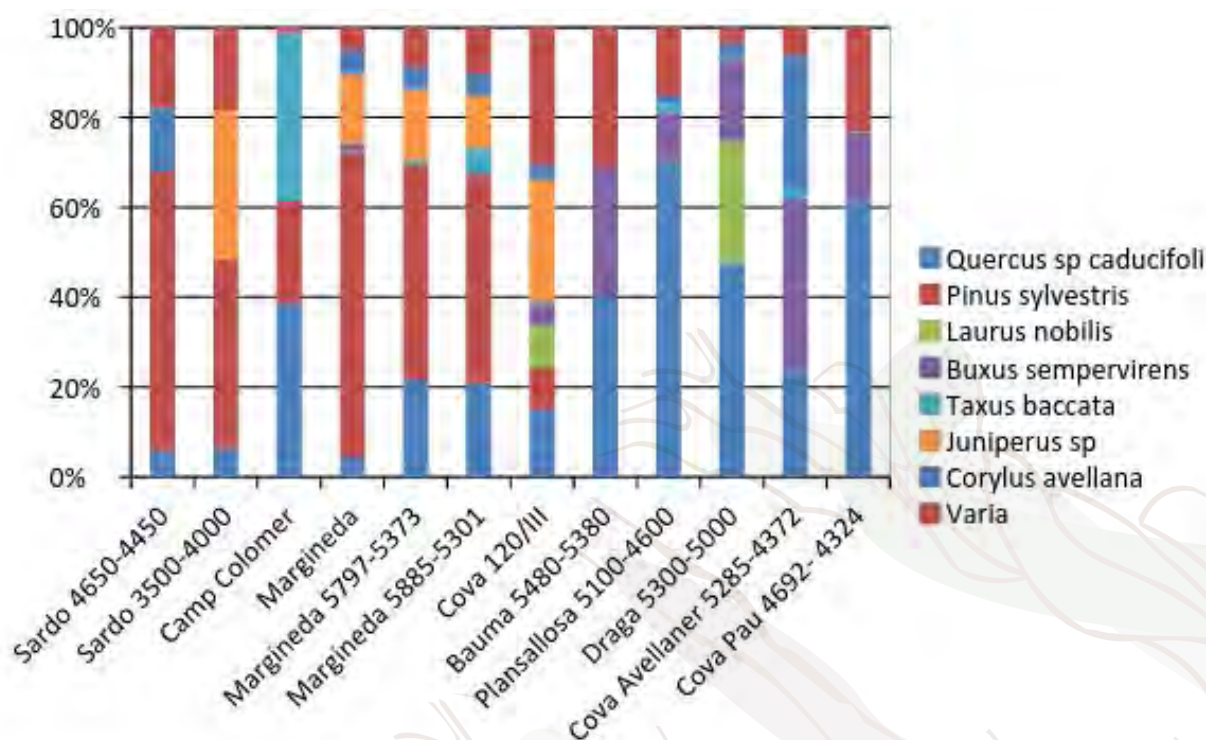


Figura 5.- Camp del Colomer en el contexto de los yacimientos del Neolítico antiguo de la vertiente Sur del Pirineo y Prepirineo

altitudes diferentes por lo que los cambios paisajísticos se reflejan en los combustibles recolectados. Las especies leñosas más empleadas fueron recolectadas en las formaciones forestales que crecían en las inmediaciones del asentamiento y entre éstas los robledales y pinares son las que se explotaron más intensamente.

La singularidad de Camp del Colomer hace plantear cuales fueron las causas de su uso intensivo. La madera de tejo es muy apreciada por sus propiedades, es flexible y compacta lo que la hacen muy adecuada para la manufactura de ciertos instrumentos, como por ejemplo de los arcos. Esta es la especie utilizada en la manufactura de los arcos encontrados en el yacimiento de La Draga así como de otros arcos europeos y también ha sido documentada en la prehistoria para hacer otros tipos de instrumentos como mangos (BOSCH & AL, 2006; MARTIN & THIEBAULT, 2010; PIQUÉ & AL, en prensa). Pero los usos del mismo no se restringen a su madera, también tiene usos medicinales, su fruto es comestible y puede ser utilizado incluso como forraje para el ganado.

Blanco y colaboradores (2010) recogen en su trabajo los diferentes usos del tejo y valoran su papel en relación a la actividad ganadera. La relación del tejo con la actividad ganadera es controvertida, ya que supuestamente las hojas de estos árboles son tóxicas y pueden provocar la muerte. En época histórica se ha documentado el uso de hojas y ramas jóvenes picadas para alimentar la cabaña bovina, al menos en épocas de carestías, y los brotes tiernos también son consumidos por los conejos. También se sabe que los herbívoros salvajes las consumen habitualmente sin problemas. Sin embargo, parece que los équidos son

especialmente sensibles a la toxicidad del mismo y sus efectos pueden ser mortales para estos animales. Debido a su toxicidad en algunas zonas los destruían para evitar que el rebaño pudiera consumirlas.

Por lo tanto no podemos dejar de considerar que la importancia del tejo en el conjunto de Camp del Colomer esté relacionada, además de su uso como combustible, con otros tipos de aprovechamiento, sin que podamos determinar por ahora con mayor precisión cuales fueron. Es necesario analizar más a fondo la historia del tejo y las causas de su presencia en los registros arqueológicos para poder determinar su significado en el contexto del Camp del Colomer.

CONCLUSIONES

El estudio de los restos de madera carbonizada de Campo de Colomer han permitido documentar que la recolección del combustible vegetal se realizó en un entorno donde dominaban robles, pinos y tejos. Los resultados indican que durante el neolítico antiguo el robledal ya estaría instaurado en las cotas medias del Pirineo y que el tejo probablemente tuvo cierta importancia en este entorno. La abundancia del tejo es un rasgo distintivo de Camp de Colomer respecto a otros yacimientos neolíticos del Pirineo y Prepirineo, lo que sería resultado de una mayor disponibilidad local pero también probablemente de unas prácticas económicas centradas en el aprovechamiento preferente de esta especie.

BIBLIOGRAFIA

- BLANCO, E.; VASCO, F.; ABELLA, I. & CORTES, S. (2010). Tejo y cultura: de la tradición etnobotánica a la farmacología científica. II Jornades sobre el teix a la Mediterrània occidental. Annals de la delegació de la Garrotxa de la Institució Catalana d'Història Natural, 4: 63-78
- BOSCH A., CHINCHILLA J. & TARRÚS J. coords. (2006). Els objectes de fusta del poblat neolític de la Draga. Excavacions 1995-2005. Museu d'Arqueologia de Catalunya-CASC, Girona.
- CARITAT, A.; BAS, J. M. & SALA, E. 2010 Localització del teix a Catalunya i proves experimentals per a la seva localització. II Jornades sobre el teix a la Mediterrània occidental. Annals de la delegació de la Garrotxa de la Institució Catalana d'Història Natural, 4: 41-48
- CARITAT, A.; VILAR SAIR, L. & SALA, E. (2014). Regeneración del tejo en Catalunya. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias forestales, 18: 97-100
- FORTÓ, A., MAESE, X. y VIDAL, À. 2010. Darreres troballes arqueològiques a Juberri (Andorra). Cota Zero 24: 14-16.
- FORTÓ, A.; MAESE, X.; MARTÍNEZ, P.; VIDAL, À. (en prensa). La ocupación de Juberri (Sant Julià de Lòria, Andorra) en el contexto del Neolítico andorrano, en Jornades de Jòvenes en Investigació Arqueològica, 2013.
- GUILAINE, J.; MARTZLUFF, M. (drs.) (1995). Les excavacions a la Balma de la Margineda. Departament de Patrimoni Cultural. Govern d'Andorra, Andorra.
- LEROYER, C. & C. HEINZ. (1992). Complémentarité des études palynologiques et anthracologiques: les exemples pyrénéens de La Balma Margineda (Andorre) et de Belestia (Pyrénées-Orientales, France). Bulletin de la société botanique de France. Actualités Botaniques 139: 281-295.
- MARTIN, L. & THIEBAULT, S. (2010) L'if (*Taxus baccata* L.): histoire et usages d'un arbre durant la Préhistoire récente. L'exemple du domaine alpin et circum-alpin. Anthropobotanica 01: 3-20. <http://www.mnhn.fr>
- OBEA, L.; PIQUÉ, R.; MARTIN, M.; GASSIOT, E. (2011). The exploitation of forest resources in mountain areas during the Neolithic in the northeast of Iberian Peninsula. Saguntum 11: 129-130
- PIQUÉ, R. (1999). Producción y uso del combustible vegetal: una evaluación arqueológica. Universitat Autònoma de Barcelona, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid
- PIQUÉ, R. (2000) El paisatge de la Draga segons les dades dendrològiques i antracològiques. In: El poblat lacustre Neolític de La Draga. Excavacions 1990-1998 (BOSCH, A. & CHINCHILLA, J. TARRÚS, J.; coord.). Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya, Girona.
- PIQUÉ, R.; PALOMO, A.; TERRADAS, X.; TARRÚS, J.; BUXÓ, R.; BOSCH, A.; CHINCHILLA, J.; BODGANOVIC, I.; LÓPEZ, O. & SAÑA, M. (en prensa). The Neolithic Bows from la Draga: Social and Economic Implications of Prehistoric Archery in Early Farming Societies. Journal of Archaeological Science.
- ROS, M.T. (1995). Estudi antracològic de tres jaciments de la vall de Llierca (Garrotxa, Catalunya). L'activitat humana i el medi vegetal des del Neolític Antic al Bronze Final. In: .X Col·loqui intermuncional d'arqueologia de Puigcerdà. Cultures i Medi de la Prehistòria a l'Edat Mitjana. Homenatge al Professor Guilaine, 87-96. Ajuntament de Puigcerdà, Puigcerdà,
- ROS MORA M.T. (1996) Datos antracológicos sobre la diversidad paisajística de Catalunya en el Neolítico. Rubricatum 1: 43-56
- SCHWEINGRUBER, F. 1990. Anatomy of European Woods. Paul Haupt, Bern/Stuttgart.
- UZQUIANO, P., ALLUÉ, E., ANTOLÍN, F., BURJACHS, F., PICORNELL, LL., PIQUÉ, R. & ZAPATA, L. (en prensa). All about yew: on the trail of *Taxus baccata* in SW Europe by means of integrated archaeobotanical and ethnographical studies. Vegetation History and Archaeobotany, DOI 10.1007/s00334-014-0475-x.

El tejo en el suroeste de Europa: historia holocena de una especie emblemática a partir de datos polínicos y arqueobotánicos

UZQUIANO, P.¹; ALLUÉ, E.^{2, 3}; ANTOLÍN, F.⁴; BURJACHS, F.^{5, 2, 3}; PICORNELL, LL.^{6, 7}; PIQUÉ, R.⁸; RUIZ-ALONSO, M.⁹; ZAPATA, L.¹⁰

¹ Dpt. Prehistory, Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) C/Mediodía Grande, 17 28005 Madrid, Spain. E-mail: p_uzquiano@hotmail.com

² IPHES, Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social. C/ Marcel·lí Domingo, s/n. Campus Seceslades URV (Edifici W3) 43007 Tarragona, Spain. eallue@iphes.cat

³ Àrea de Prehistòria, Universitat Rovira i Virgili, Av. Catalunya, 35, 43002 Tarragona, Spain.

⁴ Basel University, Dept. of Environmental Sciences, Integrative Prehistory and Archaeological Science (IPNA/IPAS), Spalenring 145, CH-4055 Basel (Switzerland). ferran.antolin@unibas.ch

⁵ ICREA, Barcelona, Spain. francesc.burjachs@icrea.cat

⁶ UMR 7209 Archéozoologie, Archéobotanique : Sociétés, Pratiques et Environnement. CNRS-Museum National d'Histoire Naturelle. 55 Rue Buffon, 75005 Paris, France

⁷ ArqueoUIB: Grup de recerca en cultura material i gestió del patrimoni arqueològic. Departament de Ciències Històriques i Teoria de les Arts. Universitat de les Illes Balears. Carretera de Valldemossa, Km 7,5, 07122 Palma, Mallorca, Spain. tokelau24@gmail.com

⁸ Dpt. Prehistory Universitat Autònoma de Barcelona 08193 Bellaterra, Spain. raquel.pique@uab.cat

⁹ Grupo de Investigación Arqueobiología, Instituto Historia, Ciencias Humanas y Sociales, CSIC, C/Albasanz, 26-28, 28037 Madrid, Spain

¹⁰ Dept Geografía, Prehistoria y Arqueología, University of País Vasco (UPV/EHU) C/Tomás y Valiente s/n. Apdo. 2111 01006 Vitoria-Gasteiz, Spain. lydia.zapata@ehu.es

RESUMEN

Presentamos una revisión completa sobre la historia y usos tradicionales del tejo (*Taxus baccata*) en el Suroeste de Europa durante el Holoceno a partir de una perspectiva dual basada en la interacción de factores naturales y culturales. Para ello se han considerado una serie de evidencias de tipo paleobotánico y arqueobotánico: polen, carbones, semillas/frutos y artefactos de madera. El área geográfica cubre todo el cuadrante norte de la Península Ibérica, incluyendo las Islas Baleares, los Pirineos y sur de Francia.

Las primeras evidencias de tejo en la Península Ibérica han quedado registradas a nivel polínico en el Pleistoceno medio pero los valores continuos tanto polínicos como arqueobotánicos han quedado comprendidos entre fines del Tardiglacial y el Holoceno. Primeramente entre 8000-7000 BP coincidiendo con la transición Mesolítico-Neolítico, y sobre todo entre 6000-2000 BP (Neolítico, Calcolítico y Bronce) en el que se registran sus valores máximos. Todos estos datos indican que este taxón ha jugado inicialmente un papel significativo en el interior del bosque de frondosas caducifolias para después ir paulatinamente disminuyendo hasta desaparecer de las altitudes medias alrededor del 3000 BP.

La presencia desde el Neolítico temprano de frutos de tejo, útiles de madera y otras muestras asociadas a

actividades ganaderas en los yacimientos arqueológicos nos han permitido asimismo desarrollar una discusión acerca de los diversos usos del tejo en la Prehistoria que pudieron contribuir a su clara disminución durante el Holoceno final.

PALABRAS-CLAVE

Tejo, Polen, Carbón, Semillas, Suroeste de Europa, Holoceno

ABSTRACT

This paper reviews current information about the history and traditional uses of *Taxus baccata* in SW Europe from a dual perspective based on the interaction of natural and cultural factors. Different types of palaeobotanical and archaeobotanical evidences will be considered (pollen, charcoal, seed/fruits, wooden artifacts). The geographical scope will cover different areas of northern Iberia, Balearic Islands the Pyrenees and south of France.

The first occurrences of *Taxus baccata* in Iberia are recorded in the Middle Pleistocene on pollen records, but its continuous pollen curve as well as archaeobotanical data are comprised between the end of Late Glacial and the Holocene. Firstly between 8000-7000 BP

corresponding to the Mesolithic-Neolithic transition and especially between 6000-2000 BP (Neolithic, Chalcolithic and Bronze Age) in which their maximum values have been recorded. All these data indicate that this taxon has firstly played a significant role within the mixed oak forest and then went gradually disappearing (*ca.* 3000 BP) from middle altitudes.

Human use can be clearly foreseen through plant macroremains from archaeological sites. The presence during the Neolithic of *Taxus* fruits, manufactured yew tools and samples associated to livestock activities also allow us to discuss the diverse palaeoethnobotanical uses in prehistoric times that may have contributed to its clear decrease throughout the late Holocene.

Key-words: Yew, Pollen, Charcoal, Seeds, South-west of Europe, Holocene

INTRODUCCIÓN

El tejo (*Taxus baccata*, L), es un árbol que siempre ha cautivado la atención de los grupos humanos en toda Europa según se desprende de las numerosas referencias históricas y etnográficas incluidas en diversas publicaciones dedicadas a este árbol (véase p.ej. CORTÉS *et al* 2000; ABELLA 2009, ORIA DE RUEDA 2009). Asimismo su estado actual de especie amenazada ha sido discutido sucesivamente a lo largo de los últimos 15 años mediante la organización de distintas Jornadas técnicas y otros foros de carácter internacional (SERRA ed. 2007; OLIVER ED. 2010; GARCÍA-MARTÍ ed. 2011 y el presente volumen).

Este trabajo ha querido contribuir desde una perspectiva paleobotánica y arqueobotánica al enorme interés y fascinación que este árbol ejerce incluso entre los palinólogos y arqueobotánicos. Para ello hemos recopilado toda la información disponible que a nivel paleo-florístico se tiene sobre el tejo en diversos registros cuaternarios (turberas, depósitos glaciolacustres, yacimientos arqueológicos) situados en la Península Ibérica (CARRIÓN *et al.*, 2012) y otras regiones circundantes del Suroeste europeo de cara a trazar su historia y evolución holocenas. Asimismo hemos evaluado las diversas causas que contribuyeron a su disminución y práctica desaparición de muchas áreas del suroeste europeo a partir de la triple convergencia de factores climáticos, biológicos y humanos.

Los factores de carácter ambiental y climático desarrollados principalmente a partir del estudio polínico de largas secuencias pleistocenas apuntan que el Holoceno no ha sido muy favorable climáticamente para el desarrollo de *Taxus baccata*, habida cuenta de las bajas frecuencias obtenidas en relación con los altos valores registrados en ciclos interglaciares previos (UZQUIANO *et al.*, 2014).

Asimismo determinados aspectos biológicos como su lento crecimiento y regeneración unidos a la dificultad en dispersar el polen dada su naturaleza dioica, han contribuido a su vez en la evolución de este taxón durante el Holoceno (GALE AND CUTLER 2000; THOMAS & POLWART, 2003; SERRA Ed., 2007).

Por último los factores humanos y culturales relacionados con la explotación del tejo a partir de la información procedente del registro etnográfico y de diversas fuentes de época histórica (CORTÉS *et al.*, 2000; ABELLA, 2009), no son menos importantes pues nos han permitido establecer una continuidad entre la Prehistoria y los tiempos históricos mas recientes.

Los datos polínicos, antracológicos, carpológicos y paleoetnobotánicos que aquí presentamos retrotraen la historia de los usos y explotación de *Taxus baccata* a períodos prehistóricos, desde fines del Paleolítico a época romana.

Este artículo resume un trabajo precedente recientemente publicado (UZQUIANO *et al.*, 2014) sumándose con ello a otros estudios similares efectuados en el continente europeo (DEFORCE & BASTIAENS 2007; MARTIN AND THIÉBAULT 2010; PÉREZ-DÍAZ *et al.*, 2013).

AREA DE ESTUDIO

La biogeografía de *Taxus baccata* se extiende por todo el territorio peninsular siendo más representativo del tercio norte donde se desarrolla entre los bosques de frondosas caducifolias teniendo en cuenta sus afinidades ecológicas, y en particular en el noroeste de España. Hacia el sur el tejo se hace más raro y escaso, localizándose a mayor altitud (UZQUIANO *et al.*, 2014).

Las evidencias de *Taxus baccata* a nivel polínico coinciden prácticamente con su actual distribución en la Península Ibérica (Fig. 1a). Los restos arqueobotánicos (carbón, semillas y objetos manufacturados) se localizan solamente en el tercio norte peninsular (Fig 1b), por lo que el área de estudio ha quedado delimitada al norte de España, los Pirineos y algunas regiones del sur de Francia: los departamentos de Pirineos Occidentales, Pirineos Orientales y el occidente de la región de Languedoc) (Figs. 1a, 1b).

Toda esta zona ha librado un total de 29 depósitos polínicos la mayoría localizados en los Pirineos (Figs. 1a, 1b), y 32 yacimientos arqueológicos, muchos de ellos concentrados en el NE peninsular. El nombre, contexto geográfico, cronoestratigráfico y cultural de estos depósitos aparece sintetizado en las Tablas 1 (polen) y 2 (carbón, semillas, objetos manufacturados) respectivamente. La mayoría de los depósitos polínicos y en particular los yacimientos arqueológicos se hallan tanto en proximidad

de tejedas, algunas de ellas relevantes, como de lugares que hacen referencia por sus nombres a la existencia de estas formaciones en el pasado (Tabla 2).

El área de estudio se encuentra por su posición geográfica y latitudinal en el límite de influencias de los dominios Eurosiberiano y Mediterráneo. Las

características climáticas y florísticas de ambos aparecen entremezcladas dependiendo de la altitud y localización geográfica de los yacimientos considerados (UZQUIANO *et al* 2014).

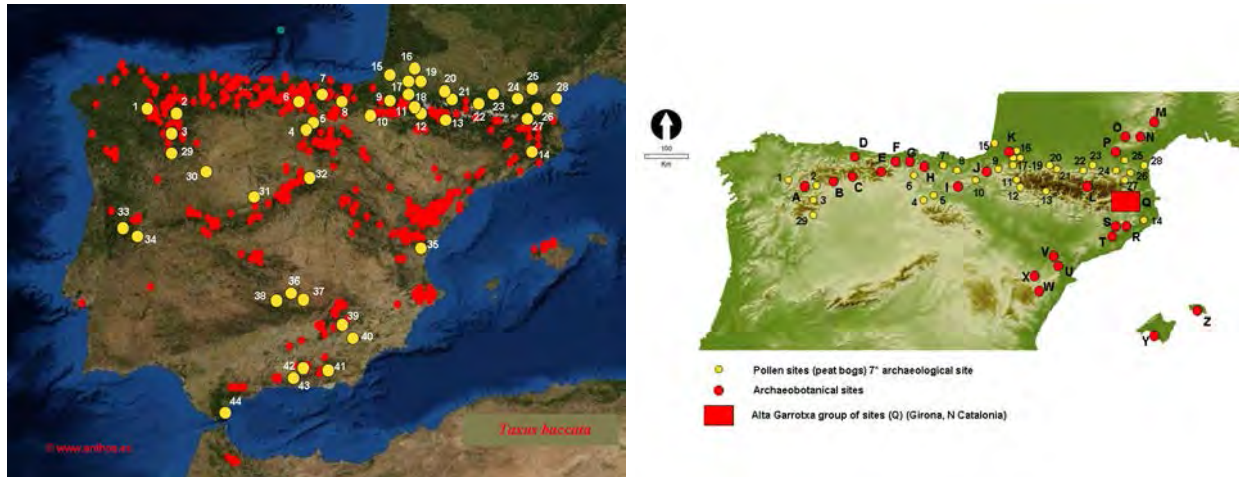


Figura 1: *Taxus baccata* en el Suroeste de Europa:

1a Distribución actual de *Taxus baccata* en la Península Ibérica según www.anthos.es (CSIC) con la localización de todos los depósitos polínicos donde el tejo ha sido identificado (Uzquiano *et al.* 2014). Los nombres de los depósitos polínicos aparecen en la Tabla 1.

1b: Área de estudio con la distribución de los yacimientos arqueológicos donde el tejo ha sido identificado a nivel arqueobotánico (letras) y la de los depósitos polínicos 1-29. (Uzquiano *et al.* 2014). Los nombres de los yacimientos arqueológicos aparecen en la Tabla 2.

Sites (No. as per Fig. 1a)	Altitude (m a.s.l.)	Latitude	Longitude	¹⁴ C dates (yr BP)	cal yr BP (*)	References
1, Pozo do Carballal (Ourense, Galicia)	1,330	42°42'20"N	07°06'40"W	2,960 ± 50	3,135 ± 81	Muñoz-Sobrinho <i>et al.</i> 1997
3, Laguna de la Roya (Zamora)	1,608	42°08'02"N	06°47'28"W	5,320 ± 60 1,260 ± 60 10,290 ± 60	6,106 ± 83 1,184 ± 74 12,130 ± 213	Allen <i>et al.</i> 1996
29, SAN 235 (Zamora)	997	41°36'15"N	04°45'44"W	Present day 515-380 BC		Carrión <i>et al.</i> 2012
2, La Baña (León)	1,450	42°15'23"N	06°45'04"W	1,779 ± 37	1,707 ± 65	Jansen 1996
6, Los Tornos (E Cantabria)	920	43°09'02"N	03°26'28"W	Present day 7,830 ± 90	8,691 ± 153	Peñalba 1989, 1994
7, Arenaza (Country Basque)	180	43°15'30"N	03°05'57"W	10,300 ± 180	12,078 ± 373	Isturiz and Sánchez-Goñi 1990
5, Las Pardillas (Burgos)	1,850	42°02'36"N	03°02'45"W	present day 6,460 ± 45	7,376 ± 44	Sánchez-Goñi and Hannon 1999
4, Quintanar de la Sierra (Burgos)	1,470	42°01'49"N	03°01'14"W	7,150 ± 140 8,960 ± 140	7,985 ± 147 10,020 ± 201	Peñalba 1989, 1994
8, Saldropo (Country Basque)	625	43°03'10"N	02°43'40"W	840 ± 50 5,630 ± 70	778 ± 62 6,419 ± 75	Peñalba 1989, 1994
10, Belate (Navarra)	847	43°02'51"N	01°36'54"W	2,960 ± 60 5,900 ± 80	3,135 ± 96 6,735 ± 97	Peñalba 1989, 1994
9, Atxuri (Navarra)	500	43°15'05"N	01°33'01"W	1,920 ± 80 >2,710 ± 60	1,864 ± 97 >2,829 ± 50	Peñalba 1989, 1994
15, Le Moura (Atlantic Pyrenees)	40	43°28'49"N	01°31'35"W	present day 9,500 ± 170	10,820 ± 248	Reille 1993a
11, Ibón de las Ranas (Huesca)	2,092	42°49'23"N	00°30'17"W	(3,000) (9,000)	-	Montserrat-Martí 1992 Carrión <i>et al.</i> 2012
19, Bious (Ossau, W Pyrenees)	1,150	42°50'00"N	00°27'00"W	present day 2,860 ± 60	2,996 ± 89	Jalut <i>et al.</i> 1988
17, Buzy (Ossau, W Pyrenees)	360	43°05'40"N	00°25'02"W	Subboreal Atlantic		Reille and Andrieu 1991
13, El Portalet (Huesca)	1,802	42°48'00"N	00°23'52"W	5,058 ± 55 28,300 ± 370	5,811 ± 70	González-Sampériz unpubl. data
18, Castet 1-2 (Ossau, W Pyrenees)	850	43°04'54"N	00°23'08"W	Subboreal Atlantic	32,763 ± 447	Reille and Andrieu 1991
16, Estarrès (Ossau, W Pyrenees)	376	43°05'36"N	00°22'45"W	present day 4,000 ± 70	4,487 ± 103	Jalut <i>et al.</i> 1988

12, Tramacastilla (Huesca)	1,682	42°43'27"N	00°22'07"W	present day 11,510 ± 120	13,405 ± 150	Montserrat-Martí 1992
20, Biscaye/Lourdes (Ht Pyrenees, France)	409	43°06'38"N	00°05'46"W	3,420 ± 60 5,145 ± 90	3,694 ± 90 5,891 ± 114	Reille and Andrieu 1995
21, Le Monge (Ht Pyrenees, France)	394	43°03'N	00°01'55"W	3,675 ± 55 6,760 ± 45	4,012 ± 77 7,624 ± 32	Reille and Andrieu 1995
22, Freychenède (Ariège, France)	1,350	42°48'00"N	01°26'11"E	Subboreal Atlantic		Reille 1993b
23, La Restanque (Ariège, France)	1,620	42°42'00"N	02°00'07"E	Subatlantic Subboreal		Reille and Andrieu 1994
24, Soucarat (Ariège, France)	1,582	42°43'40"N	02°00'40"E	3,705 ± 270 >7,740 ± 180	4,086 ± 356 >8,629 ± 223	Reille and Andrieu 1994
25, Pinet 1-2 (E Pyrenees)	880	42°51'54"N	01°58'20"E	<2,990 ± 140 >7,170 ± 120	<3,159 ± 166 >8,006 ± 127	Reille and Lowe 1993
26, Gourg Nègre (E Pyrenees)	2,080	42°38'00"N	02°13'00"E	4,490 ± 210 7,050 ± 210	5,147 ± 268 7,901 ± 199	Reille and Lowe 1993
27, Lac de Balcère (E Pyrenees)	1,764	42°35'27"N	02°03'18"E	4,370 ± 60 5,820 ± 75	4,971 ± 82 6,626 ± 92	Jalut, 1977 Reille and Lowe 1993
28, St Cyprien (Corbières, E Pyrenees)	3	42°39'05"N	03°00'24"E	present day 7,030 ± 80	7,853 ± 81	Planchais 1985
14, Sobrestany (Girona)	13	42°06'13"N	03°06'02"E	5,240 ± 70 5,780 ± 410	6,046 ± 99 6,621 ± 458	Parra <i>et al</i> 2005

(¹) Dates calibrated after CalPAL (<http://www.calpal-online.de/>)

Tabla 1: Listado completo de todos los depósitos polínicos con *Taxus baccata* en el Suroeste de Europa junto a la información de contexto y los números asignados a cada uno según la Figura 1a. Los ocho depósitos seleccionados para el estudio conjunto (Fig. 2) aparecen en *italico*. Ver Uzquiano *et al.* (2014) para las referencias bibliográficas citadas.

Sites, coordinates (Letters as per Fig. 1b)	Altitude (m a.s.l.)	Archaeological layers with yew data	Cultural period	¹⁴ C dates and centuries	cal yr BP(*)	References	Nearby yew woods, stands and relevant isolated specimens, Toponyms
A, Pala da Vella (Ourense, Galicia) 42° 29' N, 06° 51' W	830	L-1	Bronze Age	3,280 ± 125	3,534 ± 139	Carrión <i>et al.</i> 2012	Ancares, Caurel and Peña Trevinca mountain ranges Abundant Toponyms
B, Las Médulas (NW León) 42° 27' N, 06° 45' W	554	Orellán Castrelín (Oppida)	Roman period Late Iron age	1st-2nd AD 3rd-1st BC		Carrión <i>et al.</i> 2012	El Bierzo area (León Mountains) Abundant toponyms
C, El Espertín (NE León) <i>ESP</i> 43° 03' N, 04° 59' W	760 1,350	II	Mesolithic	7,790 ± 120	8,655 ± 175	Carrión <i>et al.</i> 2012	Lillo area and Picos de Europa mountains Abundant Toponyms (Peña el Tejo)
D, Mazaculos MZ (E Asturias) 43° 23' 23" N, 04° 34' 51" W	35	A2 A2 fondo A3	Early Neolithic Late Mesolithic Mesolithic	5,100 ± 120 7,030 ± 110	5,853 ± 135 7851 ± 111	Uzquiano 1992, 1995	Sueve mountain range (200-800 m) besides <i>Fagus, Ilex, Quercus robur, Betula, Castanea</i> Abundant toponyms in all territory
E, Peña Oviedo (W Cantabria) 43° 08' 54" N, 04° 44' 13" W	1,286	II III	Chalcolithic Neolithic	4,820 ± 50 5,195 ± 25	5,547 ± 54 5,971 ± 70	Carrión <i>et al.</i> 2012	Peña Sagra massif Toponyms
F, Barcenillas (C Cantabria) 43° 23' 48" N, 03° 55' 58" W	120	Neolithic	Neolithic	undated		Uzquiano, preliminary data	Peñajorao preacoastal Massif scattered patches Toponyms
G, Salitre (E Cantabria) 43° 17' 38" N, 03° 41' 44" W	600	VIII	Neolithic/ Chalcolithic	undated		Bazile-Robert, unpubl. data	Miera Valley and Castro Valnera, scattered patches Toponyms
H, El Mirón MIR (E Cantabria) 43° 14' 44" N, 03° 27' 10" W	250	2 3 4 6 7 8	Bronze Chalcolithic Neolithic	3,700 ± 40 3,740 ± 120 4,680 ± 60	4,047 ± 120 4,125 ± 173 5,440 ± 93	Zapata 2012	Scattered evidence in lower Asón, no accurate biogeographical data, in the upper Asón valley
I, Peña Parda PPD (Country Basque) 42° 36' 04" N, 02° 37' 28" W	975	I-III	Bronze age	undated		Ruiz Alonso, Zapata 2003 Ruiz Alonso <i>et al.</i> 2011	Sierra de Cantabria scattered patches nearby the site, Peña Gorbea (Basque Mountains) Toponyms
J, Aizpea AZP (NE Navarra) 42° 56' 47" N, 01° 15' 20" W	740	1-3 4-6 7-8 9-10 11-12 13-14 15-16 17-18 21-22	Neolithic Neolithic Neolithic Neolithic Mesolithic Mesolithic Mesolithic Mesolithic			Zapata 2001 Zapata <i>et al.</i> 2002	Sierra de Aralar, yew stands inside the Irati Forest Toponyms
K, Malarode MAL (W Pyrenees) 43° 05' N, 26° 05' W	600	C4m	Late Chalcolithic	6,370 ± 70 6,830 ± 70 7,160 ± 70 3,740±140	7,313 ± 77 7,684 ± 64 7,994 ± 65 4,123 ± 199	Uzquiano 2000	No accurate biogeographical data
L, La Margineda MAR (Andorra) 42° 30' 21" N, 00° 31' 18" E	970	C3A C3B C4	Early Neolithic Early Neolithic Late Mesolithic	6,640 ± 160 6,670 ± 120 8,210 ± 180	7,581 ± 134 7,552 ± 92 9,132 ± 246	Heinz 1990	Scattered enclaves (Andorran Pyrenees)

Sites, coordinates (Letters as per Fig. 1b)	Altitude (m a.s.l.)	Archaeological layers with yew data	Cultural period	¹⁴ C dates and centuries	cal yr BP(*)	References	Nearby yew woods, stands and relevant isolated specimens, Toponyms
M, Camprafaud (W Languedoc) 43° 48' 33" N, 02° 88' 33" E	850	7 8 9 13	Late Neolithic Late Neolithic Late Neolithic Mid Neolithic	4,380 ± 110 4,300 ± 140 4,300 ± 140 5,100 ± 130	5,046 ± 168 4,902 ± 234 4,631 ± 146 5,858 ± 146	Rodríguez 1976 Vernet 1975, 1997	No accurate biogeographical data
N, Grotte Tournié T (W Languedoc) 43° 45' N, 02° 85' E	420	R4 R3 R2 Chaséen Pré-Chaséen	Late Neolithic Late Neolithic Late Neolithic Mid Neolithic Early Neolithic	4,100 ± 100 4,300 ± 100 4,650 ± 100 5,900 ± 100 6,400 ± 150	4,631 ± 146 4,878 ± 161 5,341 ± 171 6,729 ± 128 7,287 ± 151	Solari and Uzquiano 1994	No accurate biogeographical data
O, L'Abeurador AU (W Languedoc) 43° 33' 33" N, 02° 06' E	560	2a-f L-3 L-6 L-7 L-9	Early Neolithic Mesolithic Mesolithic Mesolithic Epipalaeolithic	6,260 ± 90 8470 ± 90 10,480 ± 100	7,157 ± 113 9,729 ± 91 12,388 ± 205	Heinz 1990	No accurate biogeographical data
P, Dourgne (E Pyrenees) 42° 86' 67" N, 02° 18' 33" E	710	5 6 7 8 9	Early Neolithic Early Neolithic Early Neolithic Mesolithic Mesolithic	6,670 ± 100 6,470 ± 100 6,850 ± 100 undated <8,620 ± 120	7,065 ± 126 7,383 ± 87 7,713 ± 93 undated <9,687 ± 153	Vernet 1980	No accurate biogeographical data
Q, Bauma del Serrat del Pont BSP (Girona, N Catalonia) 02° 36' 30" E, 42° 15' 21" N	247	II-2 II-3 II-4 II-5 III-1 IV-1 IV-3	Late Bronze Age Early Bronze Age Chalcolithic Chalcolithic Chalcolithic Mesolithic Mesolithic	3,530 ± 90 3,840 ± 90 4,100 ± 90 4,200 ± 70 4,020 ± 100 7,330 ± 40 8,060 ± 40	3,824 ± 116 4,250 ± 132 4,637 ± 138 4,723 ± 100 4,534 ± 168 8,124 ± 55 8,926 ± 93	Piqué 2002	Miserclòs yew forest (Garrotxa N Girona)
Q, La Draga ** ^ (Girona) LDR 42° 08' 07" N, 02° 45' 23" E	175	Phase II ^ VII **	E. Neolithic^ E. Neolithic**	6,290 ± 70 6,270 ± 30	7,199 ± 91 7,214 ± 31	Piqué 2005; Bogdanovic and Piqué 2012	Miserclòs yew forest (Garrotxa N Girona)
Q, Cova 120 (Girona) C120 02° 36' 42" E, 42° 16' 30" N	460	III	Neolithic	4,240 ± 70	4,758 ± 101	Ros Mora 1996	Miserclòs yew forest (Garrotxa N Girona)
Q, La Prunera (Girona) PR 42° 18' 19" N, 02° 48' 85" E	300	Late Neolithic	Late Neolithic	4,360 ± 80	5,017 ± 138	Piqué 2005	Miserclòs yew forest (Garrotxa N Girona)
Q, L'Avellaner (Girona) Av 2° 32' 30" E, 42° 04' 30" N	430	Early Neolithic	Early Neolithic	5,920 ± 180	6,773 ± 220	Ros Mora 1996	Miserclòs yew forest (Garrotxa N Girona)
Q, Plansallasa (Girona) PI 2° 36' 11" E, 42° 15' 05" N	250	Early Neolithic	Early Neolithic	6,180 ± 70	7,084 ± 79	Ros Mora 1996	Miserclòs yew forest (Garrotxa N Girona)
Q, Institut Manlleu (Girona) IM 2° 16' 40" E, 42° 00' 05" N	470	Early Bronze	Early Bronze	3,700 ± 80	4,053 ± 112	Piqué 2005	Miserclòs yew forest (Garrotxa N Girona)

Sites, coordinates (Letters as per Fig. 1b)	Altitude (m a.s.l.)	Archaeological layers with yew data	Cultural period	¹⁴ C dates and centuries	cal yr BP(*)	References	Nearby yew woods, stands and relevant isolated specimens, Toponyms
S, Cova de El Toll (Barcelona, C Catalonia) 41° 81' 67" N, 02° 09' 65" E	745	B1 D4	Bronze Age Neolithic	3,800 ± 120 5,220 ± 100 5,490 ± 100	4,195 ± 175 6,019 ± 130 6,277 ± 111	Allué <i>et al.</i> 2013, in press	Catalonian coastal mountains
R, Cova del Frare Cfr (Barcelona) 02° 01' 09" E, 41° 38' 15" N	960	Bronze Chalcolithic Late Neolithic	Bronze Age Chalcolithic Late Neolithic	3,590 ± 90 3,990 ± 100 4,450 ± 100	3,903 ± 134 4,477 ± 165 5,097 ± 156	Ros Mora and Vernet 1987	Montseny and Montserrat mountain ranges
T, La Guineu G (Barcelona) 01° 34' 29" E, 41° 26' 25" N	734	Early Neolithic Ic Ic/d Id Ie II Ilfum Ilb	Early Neolithic Bronze Age Bronze/L. Neol. Late Neolithic Early Neolithic Early Neolithic Early Neolithic Early Neolithic	5,800 ± 130 4,500 ± 40 Undated Undated Undated 5,333 ± 70 5,480 ± 80 5,580 ± 70	6,618 ± 147 5,170 ± 92 Undated Undated Undated 6,118 ± 93 6,284 ± 83 6,380 ± 60	Allué <i>et al.</i> 2009	Catalonian coastal mountains
V, Galls Carboners (Tarragona, S Catalonia) 41° 28' 89" N, 01° 06' 61" E	965	L-102	Middle Bronze Age	3,310 ± 130	3,537 ± 42	Vergès <i>et al.</i> in press	Serra del Pradell and Col de la "Teixeta" (>1,000 m) (Tarragona) Toponyms
U, Cova del Vidre CV (Tarragona) 40° 46' N, 00° 19' E	1,120	4central	Mesolithic	7,290 ± 70	8,106 ± 68	Piqué unpubl. data	"Texos of Marturi" nearby (1,200 m) (Baix Ebre, Tarragona)
W, Cova Fosca** CF (Castellón, N Valencia region) 40° 25' 05" N, 00° 06' 12" E	900	-150 -170 -235 -242**	Early Neolithic Early Neolithic	5,980 ± 70	6,828 ± 84	Antolín <i>et al.</i> 2010	Scattered yew stands in the Alto Maestrazgo mountains (>1,000 m)

X, Mas Cremat ** (Castellón, N Valencia region) 40° 32' N, 00° 15' W	1,278	V IIIA IIIB **	Neolithic Early Neolithic Early Neolithic	6,800 ± 50 6,020 ± 50	7,644 ± 34 6,869 ± 64	Pérez-Jordá 2010 de Haro unpubl. report Picornell 2011 Picornell 2012	Scattered yew stands in the Alto Maestrazgo mountains (>1,000 m)
Y, Hospitalet Vell (SE Majorca island) 39° 28' 55" N, 03° 15' 43" E	75	Domestic Household	Naviform Bronze Age	15-14th BC			Serra de Tramuntana mountain range (N Majorca), relic woods on karst and summits (800-1,440 m)
Z, Calescoves Necropolis ^ (S Minorca island) 39° 51' 52" N, 04° 81' 46" E	15-30	Funerary Hypogeum XXI	Talayotic Iron Age	9-4th BC		Gornés <i>et al.</i> 2004, 2006	Not documented

([†]) Dates calibrated after CalPAL (<http://www.calpal-online.de/>)

** Fruits/seeds (La Draga, Cova Fosca and Mas Cremat)

^ Manufactured tools (La Draga settlement and Calescoves Necropolis)

Tabla 2: Listado completo de todos los yacimientos arqueológicos con *Taxus baccata* en el Suroeste de Europa junto a la información de contexto y las letras asignadas a cada uno según la Figura 1b. Los yacimientos seleccionados para la elaboración de los dos transectos así como sus abreviaturas correspondientes (Fig. 3) se encuentran en *italico*. Ver Uzquiano *et al.* (2014) para las referencias bibliográficas citadas.

MATERIALES Y METODOS

El material incluido en este estudio procede de trabajos ya publicados cuyos métodos de estudio respectivos (Palinología, Antracología, Carpología) se encuentran debidamente detallados (UZQUIANO *et al.*, 2014).

De las 29 secuencias polínicas registradas en el área de estudio (Fig 1b) solamente hemos seleccionado ocho para nuestro cruce de datos interdisciplinar (Tabla 1). Aquéllas que simultáneamente han registrado los datos más relevantes de *Taxus* (curva continua) a la vez que por su posición geográfica cubren de Este a Oeste la mayor parte de la zona de estudio.

El carbón o madera carbonizada es el resto arqueobotánico mayoritario pues aparece en los 32 yacimientos arqueológicos considerados (Fig. 1b), mientras que los restos carpológicos aparecen solamente en tres de estos yacimientos, y los útiles manufacturados en uno solo (Tabla 2).

Dada la diversidad climática de todo este sector y por encontrarse en el límite de influencias eurosiberianas y mediterráneas, los carbones estudiados han sido agrupados en dos transectos paleobiogeográficos epónimos. El primero, Eurosiberiano, se extiende de Oeste a Este por el norte de España y los Pirineos occidentales y centrales (Fig 1b; Tabla 2) con climas que van desde los típicamente oceánicos a climas de transición submediterránea y continental. El segundo, Mediterráneo, se extiende con disposición N-S entre el SE de Francia y Castellón (Fig. 1b, Tabla 2), con un clima propiamente mediterráneo comprendido entre los pisos bioclimáticos mesomediterráneo y supramediterráneo respectivamente.

RESULTADOS

Polen

La secuencia de El Portalet (Huesca) es la que ha librado el registro más largo y antiguo de *Taxus* en el área de estudio: tres curvas continuas durante el MIS 3, el Tardiglaciario y a lo largo del Holoceno inicial y medio, donde el tejo aparece con muy bajas frecuencias (Fig. 2). Le sigue en importancia el vecino registro de Ibón de las Ranas (Huesca) con una curva continua desarrollada entre el Holoceno inicial y medio (Fig. 2). La curva holocena de tejo en otros depósitos pirenaicos arranca a partir del Atlántico según los datos de Castet 2 (Pirineos Occidentales); Belate (Navarra); Pinet 1 (Pirineos Orientales) y Sobrestany (Girona). Durante el Subboreal solamente el registro de Pinet 1 mantiene una curva continua con valores que van decreciendo gradualmente (Fig. 2).

Hacia el Oeste los depósitos de Las Pardillas (Burgos) y La Roya (Zamora) muestran evidencias de tejo constantes pero discontinuas. En La Roya los valores registran un pequeño incremento durante el Holoceno superior (Fig. 2). La señal polínica del tejo ha permanecido en activo desde el final de la Prehistoria reciente hasta la actualidad en el NO de España según el registro de SAN 235 (Tabla 1) en proximidad del depósito de La Roya (Fig. 1a).

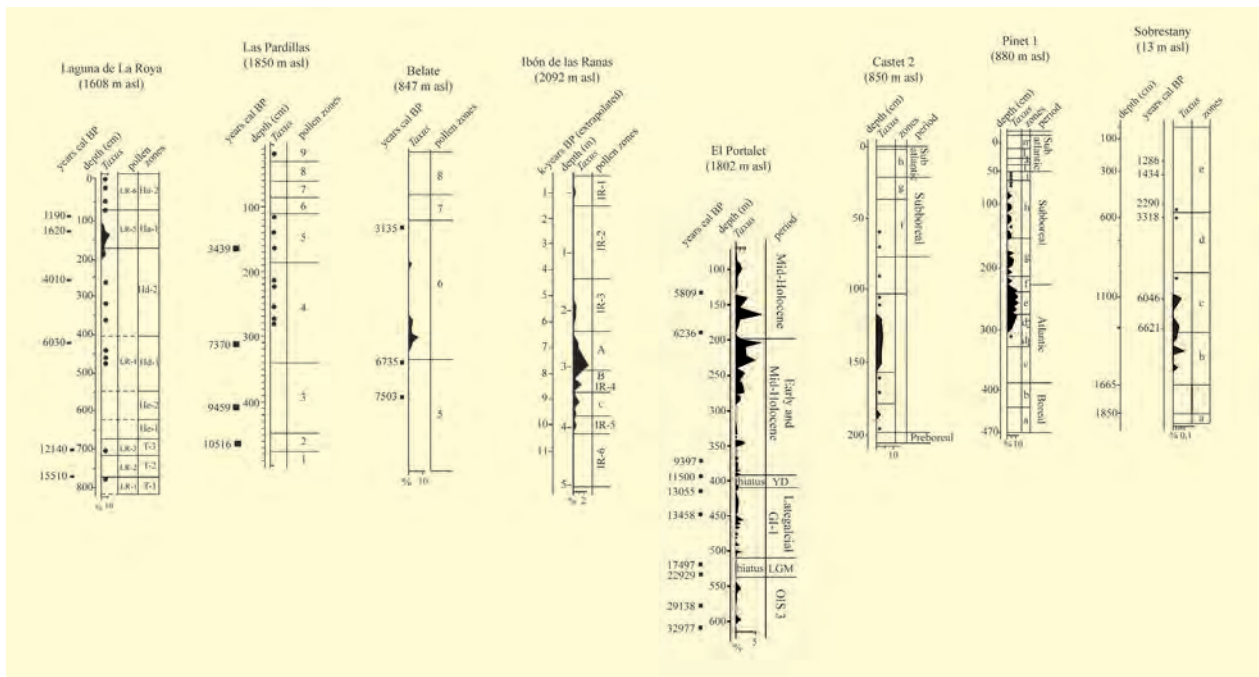


Figura 2: Registro polínico de *Taxus baccata* de Oeste a Este (Uzquiano et al., 2014).

Carbones

Las primeras evidencias de tejo en el transecto Eurosiberiano aparecen desde el Holoceno inicial (9-7 cal Ka BP) y se corresponden con las ocupaciones mesolíticas de La Margineda (*MAR*) (Andorra), El Espertín (*ESP*) (NE León) y Aizpea (*AZP*) (Navarra) (Tabla 2, Fig. 3a). Entre 7-3 cal Ka BP éstas se extienden por todo el Norte de España y los Pirineos y se corresponden con las ocupaciones Meso-Neolíticas de Mazaculos (*MZ*) (Asturias), Peña Oviedo (Cantabria), nuevamente Aizpea (*AZP*) (Navarra), con los niveles calcolíticos de El Mirón (*MIR*) (Cantabria) y de Malarode (*MAL*) (Pirineos Occidentales, Francia) y con los hábitats del Bronce de El Mirón (*MIR*) (Cantabria) y de Peña Parda (*PPD*) (Alava, País Vasco) (Tabla 2, Fig. 3a). Los valores más relevantes de tejo han quedado registrados en este lapso de tiempo a juzgar por las altas frecuencias de entre 20-40% registradas en los yacimientos de Aizpea y El Mirón respectivamente (Fig. 3a). El área del NO de España ha registrado asimismo valores significativos de tejo durante el Bronce final (Pala da Vella, Galicia) y a lo largo de la Segunda Edad del Hierro y la Época Romana en la Zona Arqueológica de Las Médulas (NO de León) (Tabla 2).

Por lo que respecta al transecto Mediterráneo el tejo está ya presente desde la transición Tardiglacial-Holoceno (12.5-9 cal ka BP) en las epipaleolíticas y mesolíticas de la Balma de l'Abeurador (*AU*) (Languedoc occidental, Francia). Sus valores son ya relevantes desde el Holoceno inicial (9-8 cal ka BP) según los datos antracológicos de las ocupaciones Mesolíticas de la Bauma del Serrat del Pont (*BSP*) (Girona) y sobre todo de la Cova del Vidre (*CV*) (Tarragona) (Fig. 3b; Tabla 2). Entre 7300-6800 cal BP y coincidiendo con la llegada del Neolítico, el número

de yacimientos con datos antracológicos de tejo aumenta: Abeurador (*AU*) y Tournié (*T*) en Languedoc, Francia; La Draga (*LDR*), Plansallosa (*Pl*) y L'Avellaner (*Av*) en Girona; Cova Fosca (*CF*) y Mas Cremat en Castellón (Fig. 3b, Tabla 2). Pero los valores más significativos de tejo son los registrados entre 6700-5400 cal BP en las ocupaciones neolíticas de Tournié (*T*) y muy especialmente en la Cova del Frare (*CFr*) y La Guineu (*G*) (Barcelona) (Fig. 3b). A partir del Neolítico final en adelante (*c* 5 cal Ka BP) los valores del tejo experimentan un brusco descenso con unos valores muy bajos durante toda la segunda mitad del Holoceno (Fig. 3b).

En la isla de Mallorca se recuperó un resto de carbón de tejo en l'Hospitalet Vell (Tabla 2) correspondiente a la Cultura Naviforme (Edad del Bronce). Este hallazgo es significativo porque el yacimiento se encuentra en la parte meridional de la isla donde no existen datos biogeográficos de *Taxus*. Estos solamente están documentados en la parte septentrional de la isla (UZQUIANO et al., 2014).

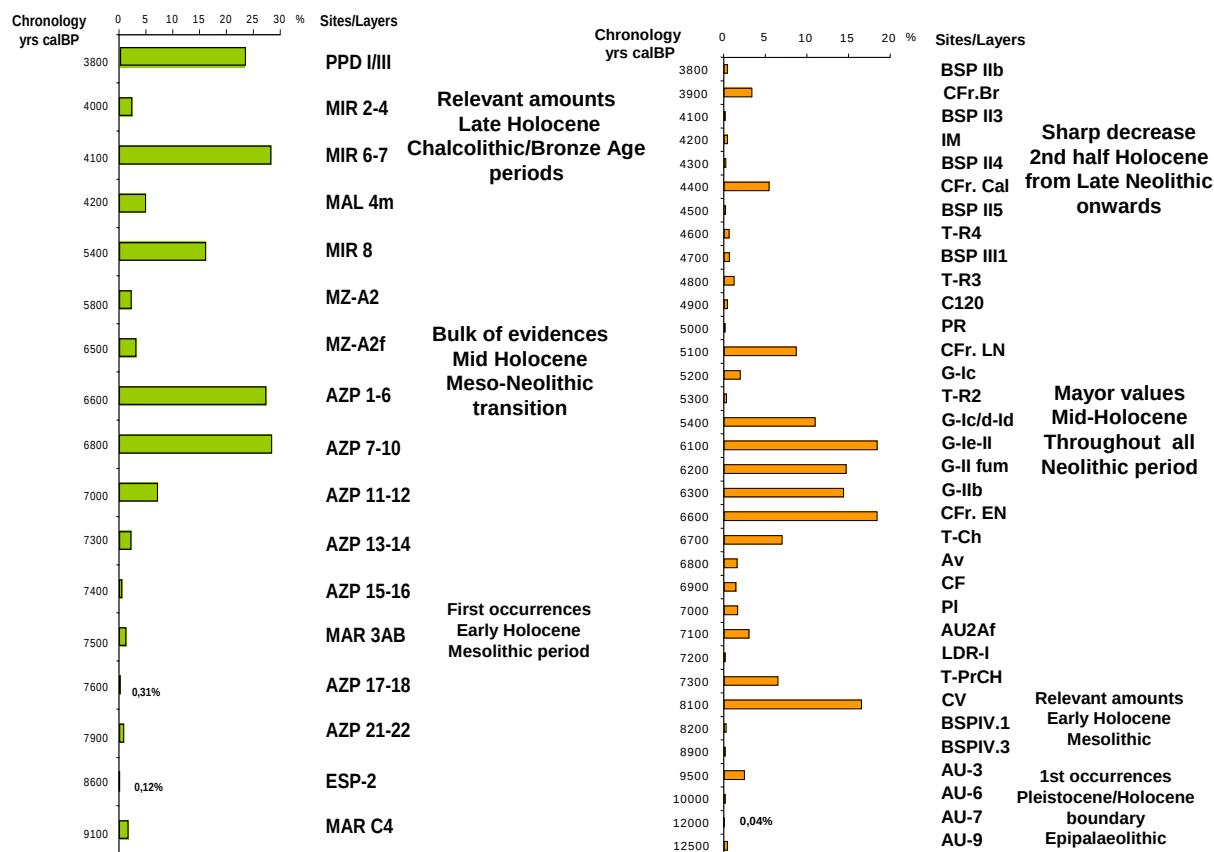


Figura 3: Transectos arqueobotánicos y rasgos principales de la evolución del tejo durante el Holoceno (modificado de Uzquiano *et al.* 2014):

3a Transecto Eurosiberiano Oeste-Este.

3b Transecto Mediterráneo Norte-Sur.

Los nombres completos que corresponden a las abreviaturas utilizadas aparecen en la Tabla 2.

Frutos

Las evidencias de frutos son escasas y proceden únicamente de tres yacimientos del Neolítico inicial localizados en el sector Mediterráneo: La Draga (Girona); Cova Fosca y Mas Cremat (Castellón) respectivamente (Tabla 2).

El yacimiento de La Draga libró un conjunto de plantas silvestres no carbonizadas entre las cuales se determinó una semilla de *Taxus*. El fragmento de tejo carbonizado hallado en Cova Fosca apareció igualmente junto a otros restos de frutos silvestres. Finalmente en el yacimiento de Mas Cremat también se recuperaron algunas semillas de Tejo carbonizadas y asimismo asociadas a frutos silvestres (UZQUIANO *et al.*, 2014).

Objetos de madera

El asentamiento lacustre de La Draga (Tabla 2) es el único sitio donde aparecieron anegados una serie de artefactos de madera, de los cuales seis estaban fabricados con madera de tejo: un hacha de mano, un batidor, tres arcos, y un fragmento de un palo puntiagudo (UZQUIANO *et al.*, 2014).

En la isla de Menorca también se encontró un fragmento de un artefacto amorfo elaborado con madera de tejo en un contexto funerario de la Necrópolis de Calescoves (Tabla 2). Este formaba parte de un conjunto de objetos de madera depositados como ofrendas en una tumba colectiva datada entre los siglos IX-IV a JC (UZQUIANO *et al.*, 2014).

DISCUSIÓN

Paleobiogeografía holocena de *Taxus baccata*

Polen

La dinámica del Tejo a nivel polínico sugiere una extensión muy precoz en los Pirineos occidentales desde el Tardiglaciario e inicios del Holoceno, simultánea al desarrollo de los taxones mesotermófilos del bosque caducifolio (Fig. 2). Hacia el Holoceno medio, coincidiendo con la llegada de *Abies* y posteriormente de *Fagus*, sus valores comienzan a descender y su curva continua desaparece poco después. En los Pirineos mediterráneos sin embargo su máxima expansión se registra en el Holoceno medio entre el Atlántico y el Subboreal llegando incluso hasta el Subatlántico (Fig. 2). Por tanto el auge y desarrollo del tejo coincide con la expansión del robledal caducifolio y su declive se produce con el retroceso que experimenta esta formación en favor de las formaciones esclerófilas (*Quercus ilex*) a baja altitud, y con la llegada de *Abies* y de *Fagus* durante la segunda mitad del Holoceno en altitudes superiores (PEÑALBA 1992).

Las secuencias polínicas del noroeste no han registrado curva continua sino evidencias escasas y dispersas pero constantes que se prolongan hasta bien entrado el Holoceno reciente, experimentando en algunas áreas zamoranas como La Roya (Fig. 2) un ligero aumento entre el Subboreal y el Subatlántico. En esta misma zona la señal polínica del tejo ha permanecido activa hasta hoy en día según el registro zamorano de SAN 235 (Tabla 1) (UZQUIANO *et al.*, 2014).

Teniendo en cuenta los valores obtenidos parece cierto que el Holoceno no ha sido muy favorable climáticamente al desarrollo del tejo si consideramos los altos valores registrados por este taxón en anteriores interglaciares. La variabilidad climática holocena que trajo consigo la llegada de otros taxones más competitivos como *Fagus*, la lenta regeneración de este árbol y una presión antrópica en aumento serían pues los principales factores que ocasionaron la reducción progresiva de las áreas de dispersión del tejo en favor del haya su mayor competidor (UZQUIANO *et al.*, 2014).

Carbones

A pesar de las evidencias pre-holocenas registradas en el transecto mediterráneo, lo cierto es que ambos transectos han revelado sus valores máximos en la primera mitad del Holoceno durante el desarrollo del Mesolítico y en especial del Neolítico (Fig. 3). La explotación del tejo durante estos periodos culturales fue simultánea a su expansión entre las formaciones caducifolias que se desarrollaron tanto en la parte Atlántica como Mediterránea tal y como sucede a nivel polínico. El robledal caducifolio es la formación principalmente explotada durante el Mesolítico y Neolítico y por tanto los robles son los taxones dominantes en prácticamente

todos los estudios antracológicos considerados (Tabla 2) (UZQUIANO *et al.*, 2014).

Desde el Neolítico final en adelante la representación del tejo en ambos transectos difiere sustancialmente. Mientras que los valores del tejo continúan siendo relevantes durante la Prehistoria reciente en el sector Eurosiberiano (Fig. 3a), e incluso durante el periodo romano en el noroeste peninsular (Las Médulas, Tabla 2), éstos inician un rápido declive a partir de 5000 cal BP en el sector Mediterráneo (Fig. 3b) permaneciendo con valores prácticamente insignificantes durante todo el Calcolítico y la Edad del Bronce (UZQUIANO *et al.*, 2014).

Las razones de un declive tan rápido del tejo en el área Mediterránea se deben también a una combinación de cambios ambientales responsables de la extensión de *Quercus ilex* a baja y media altitud en detrimento de las formaciones caducifolias, y de factores humanos. Los datos antracológicos muestran el dominio de la encina que es el taxón mayormente explotado a partir del Neolítico final en adelante. Además y como consecuencia de una presión antrópica cada vez más creciente las especies arbóreas disminuyen en favor de la extensión del matorral mediterráneo (*Rhamnus*, *Phillyrea*, *Erica*, *Arbutus*). Todos estos hechos tienen mucho que ver con el declinar del tejo que desapareció rápidamente de las altitudes bajas y medias del área mediterránea (UZQUIANO *et al.*, 2014).

Las condiciones de mayor humedad características del sector Eurosiberiano fueron sin duda más favorables a la permanencia de los valores del tejo a baja y media altitud teniendo en cuenta sus afinidades ecológicas. Su explotación continuó vigente durante el Calcolítico y la Edad del Bronce (Fig. 3a) llegando incluso a época romana en la zona noroeste peninsular (Tabla 2).

Podíamos decir que la triple combinación de factores climáticos, biológicos y antrópicos en esta zona afectaría más a la extensión y densidad de estas formaciones. La pervivencia del tejo permitió su explotación continua a lo largo de la historia (UZQUIANO *et al.*, 2014), sobre todo en el sector noroeste donde se encuentran las tejedas mejor conservadas a tenor de la información biogeográfica disponible (CORTÉS *et al.*, 2000; ABELLA, 2009; ORIA DE RUEDA, 2009). Los datos polínicos y antracológicos relativos al auge, desarrollo y declinar del tejo son por tanto coherentes en ambas regiones.

Usos paleoetnobotánicos del Tejo

Combustible y Forraje

Las frecuencias relativas de *Taxus baccata* obtenidas a nivel antracológico son por lo general discretas en relación con los principales taxones explotados (robles, encinas) pero en algunos yacimientos éstas son sorprendentemente abundantes entre 20-40% (Aizpea, Mirón, Cova del Frare,

pero sobre todo Guineu y Peña Parda) (Tabla 2), y a veces son incluso superiores a las obtenidas por los taxones principales ya mencionados, como parece ser el caso de Mas Cremat donde los valores registrados alcanzan el 90% (PÉREZ JORDÁ 2010 in UZQUIANO *et al.*, 2014).

La Madera de tejo es un excelente combustible porque su combustión lenta produce una gran fuente de calor y unos fuegos de larga duración. Estas características hacen que su leña sea particularmente buscada por parte de los grupos humanos en prácticamente todos los períodos de su evolución cultural. El registro etnográfico del norte peninsular nos indica a su vez su uso como combustible por parte de los pastores en diversas áreas de Cantabria, León y Asturias durante sus estancias en la montaña con los rebaños, llegando incluso a quemar ejemplares de tejo enteramente para evitar el ataque de los lobos (CORTÉS *et al* 2000). Este dato no solo ilustra muy bien las excelentes propiedades combustibles del tejo y su naturaleza protectora sino que nos muestra también la estrecha relación de esta conífera con las actividades ganaderas: fuegos con finalidad aséptica y el empleo de sus ramas como forraje para el ganado.

Estas prácticas han sido documentadas a nivel arqueobotánico en ambos sectores considerados. En el área Mediterránea la cueva de La Guineu (BERGADÀ *et al* 2005 in UZQUIANO *et al.*, 2014) presenta evidencias de fuegos sucesivos realizados con excrementos de animales y abundante madera de tejo desde el Neolítico inicial en adelante. Estos fuegos tenían una finalidad higiénica y de desinfección al igual que han sugerido los estudios análogos efectuados en el área *circum-alpina* (Delhon *et al* 2008; Martin and Thiébault 2010) y más recientemente en los Pirineos (LANCELOTTI *et al* 2014 in UZQUIANO *et al.*, 2014).

Peña Parda parece haber sido utilizada también como cueva redil. Este yacimiento del sector Eurosiberiano se encuentra en la vertiente sur de la Sierra de Cantabria un área donde a su vez se han documentado otros contextos arqueológicos análogos con abundante tejo entre los restos antracológicos analizados. El estudio antracológico ha revelado además que buena parte se corresponde con ramas de pequeño calibre por lo que se ha sugerido su empleo como forraje para el ganado (PÉREZ-DÍAZ *et al* 2013). Sobre este particular existen numerosos datos acerca de la ingesta de tejo por parte del ganado en áreas de Asturias y León de época muy reciente relacionadas sobre todo con épocas de escasez (CORTÉS *et al.* 2000).

La explotación intensiva del tejo combinada con los factores relacionados con su crecimiento y regeneración lentos así como la dificultad de dispersar el polen serían responsables de su rápido declive y desaparición de las áreas de explotación de muchos de estos yacimientos, en especial los situados en el sector Mediterráneo (UZQUIANO *et al.*, 2014).

Consumo de frutos

En lo referente al consumo de frutos la presencia de semillas en los tres yacimientos mencionados está relacionada con la interpretación de los contextos en los que estos restos aparecieron.

En La Draga parece ser que su presencia fuera accidental dado que éstos llegaron junto con la madera recolectada para la manufactura de objetos (CARUSO, PIQUÉ 2014 in UZQUIANO *et al.*, 2014). Ahora bien la presencia de otros frutos silvestres en este yacimiento nos hace pensar que el consumo de frutos de tejo posiblemente tuvo lugar.

En el caso de Cova Fosca el consumo de frutos de tejo es quizá más obvio dado que no aparecieron evidencias de otros usos de este taxón y estos restos sí aparecieron asociados a otros frutos silvestres comestibles (ANTOLÍN 2013 in UZQUIANO *et al.*, 2014).

Por último los frutos hallados en Mas Cremat han sido interpretados a su vez como accidentales al estar asociados a las ramas que fueron masivamente empleadas como combustible en los hogares domésticos. Sin embargo su consumo potencial no debe de ser enteramente refutado dada la presencia de otros frutos silvestres comestibles que también se han documentado (PÉREZ-JORDÀ 2010 in UZQUIANO *et al.*, 2014).

La evidencia de frutos en otras áreas del continente europeo ha sido igualmente puesta en evidencia pero la presencia de estos restos a la vez que escasa ha aparecido por lo general asociada a contextos de cuevas redil (DELHON *et al* 2008; MARTIN & THIÉBAULT 2010).

El registro etnográfico da buena cuenta del consumo de frutos de tejo en la Península Ibérica y de su empleo en prácticas medicinales dadas sus propiedades terapéuticas (CORTÉS *et al* 2000; ABELLÀ 2009; ORIA DE RUEDA 2009; TARDÍO *et al.* 2006 in UZQUIANO *et al.*, 2014). Teniendo en cuenta todas estas evidencias podríamos argumentar que el consumo de frutos fue sin duda una práctica más común de lo que pensamos en la Prehistoria de la Península Ibérica, a pesar de las escasas evidencias que nos han llegado.

Elaboración de armas y herramientas

El conjunto de artefactos elaborados con madera de tejo en La Draga sugiere un uso especializado de este árbol dadas las cualidades de su madera para la manufactura. Su larga duración es debida a la tripe combinación de dureza, elasticidad y resistencia a la putrefacción al no ser fácilmente atacada por insectos (CORTÉS *et al.*, 2000). Los resultados obtenidos en este yacimiento único en su género en el SO de Europa, se explican

por el hecho de ser un recurso altamente disponible durante el Holoceno medio tal y como los datos polínicos y antracológicos nos han mostrado (UZQUIANO *et al.*, 2014).

Las evidencias de arcos y lanzas elaborados con madera de tejo se han documentado desde los más tempranos estadios de la evolución humana (*Homo heidelbergensis*) pues datan del Pleistoceno medio, pero es a partir del Neolítico donde estos datos se multiplican. El hecho de que los arcos de la Draga hayan sido todo elaborados con madera de tejo sugiere una búsqueda especializada de esta materia prima ya desde el Neolítico inicial en adelante tal y como se ha argumentado para el resto del continente europeo (OUT, 2009 in UZQUIANO *et al.*, 2014).

Por otro lado la diversidad de útiles de madera de tejo nos pone de manifiesto no solo las habilidades técnicas de estos neolíticos incipientes, sino la infinidad de objetos y herramientas que pueden ser elaborados con esta madera y la subsiguiente demanda que trajo consigo esta materia prima desde el Neolítico y que ha permanecido vigente hasta la actualidad según el registro etnográfico (UZQUIANO *et al.*, 2014).

El hallazgo de un objeto elaborado con madera de tejo en un contexto funerario de la isla de Menorca nos pone de manifiesto el aspecto simbólico y religioso que este árbol posee (Cortés *et al* 2000; Abella, 2009). Por otra parte el hecho de haber sido encontrado en Menorca donde no hay datos biogeográficos, nos sugiere su importación, bien como materia prima o ya como objeto manufacturado, desde la isla de Mallorca donde sí existen datos biogeográficos, y dadas las relaciones culturales y comerciales entre ambas islas a lo largo de la Prehistoria reciente del archipiélago Balear (PICORNELL, 2011, 2012 in UZQUIANO *et al.*, 2014).

Sin duda alguna el tejo ha estado asociado a los grupos humanos desde muy antiguo teniendo en cuenta toda la información procedente de los contextos arqueológicos discutida en este trabajo.

CONCLUSIONES

La información paleoflorística proporcionada por las diversas disciplinas de estudio nos ha revelado la presencia de *Taxus baccata* en el SO de Europa desde el Pleistoceno inferior y medio si bien este trabajo se centra en las evidencias holocenas que son mayoritarias.

El cruce de datos polen-carbones muestra una estrecha coherencia en lo referente a la aparición, auge y declive del tejo a nivel cronológico, paleoecológico y paleobiogeográfico a pesar de la falta de correspondencia entre ambos restos en un mismo yacimiento: el polen procede únicamente de depósitos naturales mientras que los carbones proceden exclusivamente de yacimientos arqueológicos.

Los grupos humanos comenzaron a explotar el tejo desde la primera mitad del Holoceno, una explotación que fue simultánea al desarrollo de este árbol entre las diversas formaciones caducifolias a su vez en expansión sobre terrenos relativamente próximos de los hábitats humanos epipaleolíticos, mesolíticos y sobre todo, neolíticos.

Teniendo en cuenta las diversas propiedades de la madera del tejo ésta fue objeto de usos diversos. Como combustible, debido a su alto poder calorífico y combustión lenta que produce fuegos de larga duración. Esta naturaleza protectora hace que la madera de tejo fuera especialmente buscada ya desde la Prehistoria.

Los estudios antracológicos han revelado también un uso intensivo de la madera de tejo para prácticas de forraje para el ganado y otras actividades asociadas desde el Neolítico antiguo en adelante.

Durante ese mismo período la madera de tejo fue asimismo empleada para la manufactura de armas (arcos y hachas de mano) y otras herramientas de uso doméstico y laboral en el asentamiento lacustre de La Draga al igual que otros contextos arqueológicos del centro y norte de Europa que a su vez han librado evidencias similares contemporáneas e incluso anteriores en el tiempo.

El consumo de frutos tuvo que ser una práctica común ya desde el Neolítico a pesar de las escasas evidencias que el área de estudio nos ha proporcionado.

Diversas fluctuaciones climáticas se sucedieron en el transcurso de la segunda mitad del Holoceno y fueron responsables de los cambios en la dinámica de las principales formaciones vegetales que han sido registradas en las secuencias polínicas y antracológicas: declive de las formaciones caducifolias y su sustitución por formaciones esclerófilas (*Quercus ilex*) y de matorral, extensión de *Abies*, *Fagus*. Estas limitaciones climáticas combinadas con factores biológicos y humanos fueron afectando negativamente a las formaciones de tejo a lo largo del Holoceno medio y reciente.

De este modo el tejo iniciaría su declive e iría gradualmente desapareciendo del área noroccidental del Mediterráneo y de los Pirineos orientales a partir del Subboreal. Sin embargo conforme nos dirigimos hacia el oeste la señal polínica aunque escasa perduró e incluso se mantiene activa hoy en día en diversas áreas del Noroeste de España.

El registro antracológico ha experimentado a su vez una tendencia paleobiogeográfica similar en lo referente al declive del tejo. La explotación intensiva de este árbol condujo a su práctica desaparición de las respectivas áreas de explotación de muchos yacimientos arqueológicos.

Los efectos de la presión humana sobre la reducción de las áreas de repartición del tejo fueron más precoces en el sector mediterráneo (Fig 3b) y afectaron sobre todo a su distribución altitudinal desapareciendo de las zonas bajas y medias, prefigurando

su distribución actual sobre cotas más altas. El mayor aporte de humedad que caracteriza el clima del norte de España ha sido por el contrario más favorable a la permanencia del tejo cuya explotación continuó vigente a media altitud durante la Prehistoria reciente e incluso en la Antigüedad (zona NO de España).

Las evidencias procedentes del registro etnográfico así como las fuentes históricas recopiladas en los mencionados monográficos dedicados al tejo, nos han proporcionado un hilo conductor de continuidad respecto a su evolución durante periodos históricos (Cortés *et al* 2000; Abella 2009; Oria de Rueda 2009).

Estas fuentes han revelado la explotación continua de la madera para múltiples actividades así como su exportación a otros países europeos, el pastoreo y ramoneo intensivos por parte del ganado y otros herbívoros, las talas sistemáticas para evitar la toxicidad de sus hojas o los fuegos recurrentes por parte de los pastores, como principales causas de la desaparición del tejo de muchas áreas de la Península Ibérica.

Los numerosos topónimos que hacen referencia al tejo y que han sido recogidos a lo largo de la geografía del área de estudio ponen de manifiesto lo que fue en su día su antigua extensión (Carrillo *et al* 2010 in Uzquiano *et al.*, 2014).

Estas mismas fuentes han subrayado cuan profundamente arraigado se ha mantenido este árbol en la tradición popular de muchos pueblos de norte de España, rigiendo el destino de los vivos y honrando la memoria de los muertos.

BIBLIOGRAFIA

ABELLÁ I (2009) La Cultura del Tejo. Esplendor y decadencia de un patrimonio vital. Ed. Uruñea SL, Valladolid

CARRIÓN JS, FERNÁNDEZ S, GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ P *et al* (2012) Paleoflora y Paleovegetación de la Península Ibérica e Islas Baleares: Plioceno-Cuaternario. Ministerio de Economía y Competitividad, Madrid

CORTÉS S, VASCO F, BLANCO E (2000) El libro del tejo (*Taxus baccata*), un proyecto para su conservación. Asociación para la Recuperación del Bosque Autóctono ARBA, Madrid

DEFORCE K, BASTIAENS J (2007) The Holocene history of *Taxus baccata* (Yew) in Belgium and neighbouring regions Belg. J Bot 140 (2): 222-237

DELHON C, MARTIN L, ARGANT J, THIÉBAULT S (2008) Shepherds and plants in the Alps: Multi-proxy archaeobotanical analysis of neolithic dung from "La Grande Rivoire" (Isère, France). J Archaeol Sci 35 11: 2937-2952

GALE R, CUTLER D (2000) Plants in Archaeology Identification manual of artefacts of plant origin from Europe and the Mediterranean. Westbury Academic and Scientific Publishing, Devon

GARCÍA-MARTÍ X (2011) III Jornadas Internacionales sobre el tejo (*Taxus baccata* L). El tejo cultura y biodiversidad. Asociación Amigos del Tejo y las Tejedas, Ponferrada, León Mars 2010, Junta de Castilla-León. (Spanish Journal of Rural Development 2 N Extra 2)

MARTIN L, THIÉBAULT S (2010) L'if (*Taxus baccata* L.): histoire et usages d'un arbre durant la Préhistoire récente. L'exemple du domaine alpin et circum-alpin In: Delhon C, Théry-Parisot I and Thiébault S (eds) Des hommes et des plantes Exploitation et gestion des ressources végétales de la Préhistoire à nos jours. Anthropobotanica 01: 3-20. On line journal <http://www.mnhn.fr>

OLIVER X (ed) (2010) II Jornades sobre el Teix a la Mediterrania occidental 26-28 June 2008 Annals de la Delegació de la Garrotxa Institució Catalana de Historia Natural 4, Girona

ORIA DE RUEDA JA (2009) Las misteriosas tejedas, bosques seculares. Las Tejedas en Castilla-León. Situación actual. Conservación y manejo. In: VV AA Diez años de estudio sobre *Taxus baccata* (tejo) y la Sierra de Tejada: 98-109. Ceder Axarquía SOPDE ed, Málaga

PEÑALBA MC (1992) Biogeografía holocena de las principales especies forestales del norte de la Península Ibérica. Cuadernos de Sección Historia 20: 391-409

PÉREZ-DÍAZ S, LÓPEZ-SÁEZ JA, RUIZ-ALONSO M, ZAPATA L, ABEL-SCHAAD D (2013) Holocene history of *Taxus baccata* in the Basque Mountains (Northern Iberian Peninsula). Lazaroa 34: 29-41

SERRÁ L (ed) (2007) El tejo en el mediterráneo occidental. I Jornadas Internacionales sobre el tejo y las tejeras en el Mediterráneo Occidental. Conselleria de Territori i Habitatge, Ministerio de Medio Ambiente, Generalitat Valenciana, Valencia

THOMAS PA, POLWART A (2003) *Taxus baccata* L. J Ecol 91: 489-524

UZQUIANO P, ALLUE E, ANTOLIN F, BURJACHS F, PICORNELL LL, PIQUE R, ZAPATA L (2014) All about yew: on the trail of *Taxus baccata* in SW Europe by means of integrated palaeobotanical and archaeobotanical studies. Veget Hist Archaeobot On line DOI 10.1007/s00334-014-0475x

Las primeras evidencias del uso del tejo en Catalunya: los objetos de madera del yacimiento neolítico de La Draga

PIQUÉ, R., PALOMO, A., TERRADAS, X., TARRÚS, J.
 Departament de Prehistòria, Universitat Autònoma de Barcelona
 Departament d'Arqueologia i Antropologia, CSIC-IMF, Barcelona
 raquel.pique@uab.cat

RESUMEN

Las primeras evidencias en la Península Ibérica del uso de tejo para la manufactura de instrumentos se encuentran en el yacimiento neolítico antiguo de La Draga (Banyoles), con una cronología de 5324-5000 cal ANE. Se trata de un conjunto de objetos singulares que se han conservado gracias a su inclusión en el nivel freático. Tres arcos, un mango de azuela, una batidora y un palo apuntado constituyen este excepcional registro que permite analizar los conocimientos tecnológicos de esta sociedad en relación con el aprovechamiento de las cualidades de esta madera para finalidades muy concretas.

ABSTRACT

Early evidence of utilization of yew for the manufacture of instruments on the Iberian Peninsula has been found in the ancient Neolithic site of La Draga (Banyoles), with a chronology of 5324-5000 cal BC. This is a set of unique objects that have been preserved thanks to the inclusion in the water table. Three bows, an adze handle, a blender and a pointed stick constitute an exceptional record for analyzing the technological knowledge of this society and the use of the qualities of this wood for very specific purposes.

PALABRAS CLAVE

Taxus baccata, neolítico, arcos, usos del tejo

INTRODUCCIÓN

Son muchas las referencias a los usos etnobotánicos del tejo tanto en la actualidad como en los registros históricos. Sin embargo las evidencias del aprovechamiento del tejo durante la prehistoria no son muy frecuentes. Entre los

usos más antiguos documentados para el tejo sin duda destaca la punta de lanza del yacimiento de Clacton-on-sea en Inglaterra fechado aproximadamente en 450.000 años (OAKLEY & AL, 1977) y la lanza de Lehringen en Alemania fechada en cerca de 125.000 años (THIEME & VEIL, 1985). Para períodos más recientes, ya holocénicos, se ha documentado su uso como combustible y para la manufactura de instrumentos; su presencia en los contextos arqueológicos también ha sido interpretado como resultado de su consumo como alimento o como forraje arbóreo para el ganado (MARTIN & THIEBAULT, 2010; UZQUIANO & AL, 2014).

En la Península Ibérica la mayoría de los restos de tejo recuperados en yacimientos arqueológicos corresponden a madera carbonizada (UZQUIANO & AL, 2014). Estos restos permiten afirmar que el tejo era recolectado intencionalmente y aprovechado como leña. Además de cómo combustible ocasional, apenas tenemos evidencias de otros tipos de aprovechamiento de la esta especie, más allá de un par de frutos carbonizados recuperados en el yacimiento de Cova Fosca (ANTOLIN & AL, 2010) y en La Draga (ANTOLIN & JACOMET, 2014). El hecho de que en pocos yacimientos arqueológicos se produce la conservación de restos vegetales no carbonizados sin duda ha contribuido a la baja visibilidad del tejo en los yacimientos arqueológicos y a que solo se hayan conservado, en la mayoría de ellos, los restos de los combustibles. Debido a su posición geográfica, las condiciones ambientales de la mayoría de los yacimientos peninsulares y del sur de Europa no favorecen la conservación de la materia orgánica.

Sin embargo existen notables excepciones, como es el caso del yacimiento neolítico de La Draga, situado en el margen del lago de Banyoles (Girona), en el que la capa más antigua se ha conservado en condiciones de saturación de agua desde el Neolítico (PALOMO & AL 2014). Este yacimiento ha proporcionado una muestra extraordinaria de objetos de madera relacionados con actividades agrícolas, domésticas o de caza, así como los restos de las estructuras de hábitat (BOSCH & AL, 2006).

En este yacimiento encontramos las evidencias más antiguas de objetos manufacturados en madera de tejo en la Península Ibérica. La Draga ha permitido visibilizar diferentes usos del tejo nunca antes documentados debido al sesgo del registro arqueológico. En este trabajo se presentan los objetos y se discute el rol que jugaron para las comunidades neolíticas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El yacimiento de La Draga está situado en la orilla oriental del lago de Banyoles (Girona, noreste de España), a 172 m snm (Figura 1). Una parte del yacimiento se encuentra parcialmente bajo las aguas de este lago de origen cárstico mientras que la restante, pese a localizarse en la orilla emergida del lago, conserva parte de las ocupaciones neolíticas en condiciones húmedas al hallarse cubierta por la capa freática. Las condiciones de humedad permanente y falta de oxígeno que se han producido en estos contextos desde el Neolítico han permitido una excelente conservación de la materia orgánica (BOSCH & AL. 2000, 2006, 2011). El yacimiento tiene una superficie de unos 8000m², de los cuales se han excavado 784m².



Figura 1.- Localización del yacimiento de La Draga.

Las excavaciones efectuadas entre los años 1991 y 2014 han permitido documentar dos fases de ocupación (PALOMO & AL, 2014). La más antigua fechada entre 5324-5000 cal ANE se caracteriza por las construcciones en madera, conservadas parcialmente debido a las citadas condiciones de conservación. En la más reciente, fechada entre 5200-4900 cal ANE, se introdujo la piedra como elemento constructivo. Los niveles arqueológicos correspondientes a esta última fase quedaron en algún momento fuera del nivel freático, por lo que la materia

orgánica no se ha conservado. Los niveles de la fase más antigua son los que han proporcionado los objetos de madera que son objeto de discusión en este trabajo.

Ambas fases corresponden al denominado neolítico antiguo cardial, que se documenta en todo el mediterráneo occidental. Se trata de las primeras comunidades agrícolas y ganaderas que se asientan en este territorio. La subsistencia de la comunidad de La Draga se basó principalmente en la ganadería y la agricultura, como lo demuestran los estudios arqueofaunísticos y carpológicos (ANTOLIN & BUXÓ, 2011; SAÑA, 2011). *Bos taurus*, *Capra hircus*, *Ovis aries* y *Sus domestica* fueron criados tanto para aprovechar su carne como posiblemente otros productos. La agricultura cerealística estaba plenamente consolidada, basada principalmente en el cultivo de trigo desnudo (*Triticum aestivum* / *durum* / *turgidum*), que representa el 99% de todos los restos y es el cultivo principal en el sitio. Otros cultivos documentados son la cebada y cebada desnuda (*Hordeum vulgare* y *Hordeum vulgare* var. *Nudum*), espelta (*Triticum dicoccum*) y trigo escanda (*Triticum monococcum*). También cultivaron legumbres (*Vicia faba*, *Pisum sativum*) y, posiblemente, adormidera (*Papaver somniferum*). A pesar de que la economía se basaba en la agricultura y la ganadería estas comunidades siguieron practicando la caza y la recolección, aunque la caza pudo haber jugado un papel más simbólico y de prestigio que económico ya que su aportación a la dieta es mínima en relación a los productos domésticos (SAÑA, 2011; PALOMO & AL, 2005).

Las nuevas estrategias económicas comportaron, necesariamente, la introducción de las tecnologías e instrumentos relacionadas con la obtención y procesamiento de los alimentos. Si bien cabe pensar también en cierta continuidad en lo que se refiere a los instrumentos utilizados en algunas de las actividades de subsistencia de caza y recolección. Los instrumentos que utilizaron los habitantes de La Draga estaban confeccionados en parte en piedra y hueso, materiales que se conservan habitualmente en los yacimientos arqueológicos. Pero la buena conservación de los restos orgánicos en la Draga ha permitido la recuperación de las partes de los instrumentos que habitualmente no se preservan, como por ejemplo los mangos, además de instrumentos confeccionados totalmente de madera. Estos objetos en madera proporcionan una información excepcional sobre los procesos de producción en los que estuvieron implicados, además de aportar luz sobre la tecnología de la madera, poco conocida hasta la aparición de este yacimiento.

Hasta la fecha, se han recuperado 177 objetos de madera que corresponden a instrumentos destinados a diversos usos, además de cientos de troncos que formaban parte de las estructuras de hábitat y miles de restos de madera carbonizada resultado de la combustión de la leña. En este conjunto destacan los instrumentos manufacturados con tejo: tres arcos (dos fragmentados

y uno entero), un mango de azuela, una batidora y un fragmento de palo apuntado.

Los restos de madera han sido analizados para determinar las especies utilizadas, además en el caso de los objetos se analizó cómo fueron manufacturados. La determinación de la especie se efectúa a partir de la observación de la microestructura anatómica. Para el análisis de la madera se utiliza un microscopio óptico de luz transmitida, mientras que los carbonos se observan con un microscopio de luz reflejada, ambos equipados con objetivos que permiten de 40 a 500 aumentos. En el caso de los objetos es necesario extraer láminas delgadas de los tres planos anatómicos de la madera. Debido a su valor patrimonial la extracción de las láminas delgadas debe minimizar el impacto sobre la superficie, con este objetivo la extracción se realiza de forma manual con una cuchilla, ya que son suficientes unos milímetros de muestra para la determinación de la especie. El estudio microanatómico, juntamente con los rasgos macroscópicos, permite también determinar aspectos del proceso de manufactura, como por ejemplo la parte del árbol empleada.

Asimismo, el estudio de las huellas conservadas en las superficies de los objetos de madera nos ha permitido reconstruir las herramientas usadas en su transformación, así como las técnicas empleadas en su manipulación, permitiendo reconstruir los procesos técnicos implicados en su manufactura. Dichas hipótesis han sido contrastadas experimentalmente a partir de la reproducción experimental de los objetos, al mismo tiempo que se pueden medir otros parámetros vinculados con su efectividad (PALOMO & AL, 2013).

RESULTADOS

El análisis de 177 objetos de madera recuperados en La Draga ha permitido documentar el uso de 17 taxones, entre los que se encuentran tanto especies arbóreas como arbustivas (tabla 1): arce (*Acer* sp), madroño (*Arbutus unedo*), boj (*Buxus sempervirens*), ciperáceas (*Carex/Juncus*), vidalba (*Clematis vitalba*), cornejo (*Cornus* sp), avellano (*Corylus avellana*), enebro/sabina (*Juniperus* sp), laurel (*Laurus nobilis*), pino (*Pinus* sp), pomoideae, roble (*Quercus* sp caducifolio), encina (*Quercus* sp esclerófilo), sauco (*Sambucus* sp) tejo (*Taxus baccata*) y tilo (*Tilia* sp).

Los tipos de objetos documentados son muy diversos, entre ellos destacan los instrumentos agrícolas (mangos de hoz, palos cavadores), utensilios de uso doméstico (contenedores, cestos, espátulas, cucharones), vinculados con la producción textil (peines, usos/lanzadoras), con el trabajo de la madera (mangos de azuelas) y con la caza (arcos, puntas de proyectil, astiles), además de objetos de uso indeterminado (BOSCH & AL, 2006; PALOMO & AL, 2013). En este trabajo nos centramos en los seis instrumentos elaborados en madera de tejo. Se trata de

tres arcos, dos fragmentados y uno entero, un mango de azuela, un palo apuntado y una batidora.

1. Los arcos

El conjunto está compuesto por tres arcos, de dos de ellos sólo se han conservado sendos fragmentos mientras que un tercero estaba entero (figura 2). Los tres arcos difieren en lo que se refiere a sus medidas, el arco entero tiene 107 cm de largo, mientras que los fragmentos conservados de los otros dos arcos apuntan a unas dimensiones mucho mayores. Cabe señalar que los arcos enteros que se han conservado en otros yacimientos europeos pueden llegar a tener hasta 1,82 metros de largo, como es el caso del arco de Hauslabjoch (Ötzi) (OEGGL, 2009), aunque la mayoría se sitúa alrededor de 1,5 m. A pesar de estas diferencias de tamaño están todos confeccionados siguiendo un mismo procedimiento. En todos los casos se han elaborado utilizando la parte más externa del tronco o rama. La cara dorsal de los arcos corresponde con el último anillo de crecimiento y apenas muestra señales de trabajo más allá de la extracción de la corteza, mientras que la cara ventral sí ha sido rebajada. La observación de los rasgos anatómicos indica que el arco se confeccionó a partir de un segmento de tronco. Por otra parte los arcos conservan en su superficie trazas tecnológicas que dan pistas sobre el proceso de elaboración. El trabajo experimental realizado ha permitido verificar que el tronco fue primero hendido con cuñas y posteriormente fue trabajado con una azuela y pulido. El proceso de producción de los arcos de La Draga es similar al descrito para otros arcos de tejo europeos de cronología neolítica (JUNKMANS, 2006, 2013; EGG & SPINDLER 1993).

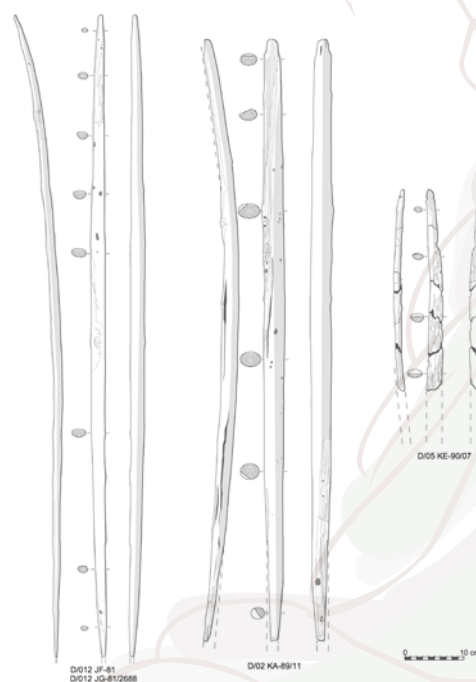


Figura 2.- Arcos de tejo del yacimiento de La Draga. Autor dibujo X. Carlús.

La función de los arcos se relaciona en primera instancia con la caza. En el yacimiento se han identificado 17 especies de mamíferos salvajes y 20 de aves, por lo que no cabe duda que fueron utilizados para esta finalidad (PIQUÉ & AL, en prensa). No obstante cabe señalar que la caza fue una actividad relativamente poco importante para la subsistencia en comparación con el aporte cárnico que supone la ganadería.

La madera de tejo está ampliamente documentada en la elaboración de arcos tanto en época prehistórica como histórica. De hecho la mayoría de los arcos europeos de cronología neolítica están confeccionados con este tipo de madera (JUNKMANS, 2006, 2013; BAUDAIS, 1985; CLARK, 1963; DIAS- MERINHO, 2012; EGG & SPINDLER, 1993; GROSJEAN & AL 2007; GUYAN, 1990). En este sentido cabe señalar que los arcos de La Draga son los más antiguos de Europa del periodo Neolítico y que se hallan entre los primeros que fueron manufacturados con este tipo de madera, mientras que la mayoría de los otros arcos proceden de contextos más recientes o bien se han encontrado en contextos mesolíticos. La tradición de los arcos de tejo se mantiene a lo largo del neolítico y ha perdurado hasta nuestros días. Esta homogeneidad en el aprovechamiento del tejo para esta finalidad sin duda tiene que ver con dos aspectos. En primer lugar con sus propiedades físicas y mecánicas que le confieren a la madera una gran flexibilidad y durabilidad, por ello existe una clara predilección de este tipo de madera para la confección de los arcos. En segundo lugar con la disponibilidad; la generalización del uso del tejo está relacionada con la expansión holocénica de esta especie (OUT, 2009) que en el caso de la península Ibérica tenemos bien documentada a partir del periodo atlántico en los registros polínicos y antracológicos (UZQUIANO & AL, 2014).

2. El mango de azuela

En el yacimiento se han recuperado 9 mangos de azuela, la mayoría de estos mangos son de madera de roble, aunque también se ha documentado uno de boj, uno de pino y uno de madera de tejo (BOSCH & AL, 2008). Roble, boj y pino tienen una madera mucho más dura y rígida que la del tejo, este último mango sería, por lo tanto, mucho más flexible. Pese a estar confeccionados con diferentes materias primas todos los mangos tienen una morfología similar y están elaborados de la misma manera. Se trata de mangos en forma de codo, donde se puede diferenciar la parte que corresponde al mango propiamente dicha, de la plataforma en la que se encajaba y fijaba la azuela de piedra pulida, que presenta un ángulo de unos 65° respecto al mango. La plataforma se instala sobre la parte externa del tronco mientras que el mango es una rama que nace en esta misma parte del tronco.

Los mangos presentan diferencias remarcables en relación a sus dimensiones, lo que puede estar relacionado

con la función a la que estaban destinados. Las azuelas son instrumentos relacionados con el trabajo de la madera, si bien las dimensiones de algunos de estos mangos hacen plantear otros posibles usos. El mango de tejo mide 45 cm de longitud total, mientras que la parte en la que se encuentra la plataforma tiene 33 cm (figura 3). Se trata del mango más largo de los que se han conservado enteros (BOSCH & AL, 2006). Las diferencias en las propiedades de las maderas utilizadas para los mangos hacen que estos sean más o menos adecuados para según que funciones. El de madera de tejo es el mango con mayor flexibilidad y, por lo tanto, el que posee una mayor capacidad de soportar el impacto de los golpes sin que se produzca un reflejo del golpe.



Figura 3.- Objetos de tejo: izquierda mango de azuela, derecha batidor.

Los mangos acodados son comunes en los yacimientos lacustres de la región circualpina (VORUZ, 1991), aunque estos son generalmente de cronología más reciente que los de la Draga. El tejo para la manufactura de mangos está también documentado en el área alpina, un buen ejemplo es el mango de hacha que portaba Ötzi (OEGGL, 2009).

3. La batidora

La batidora es un instrumento elaborado a partir de una rama de tejo de la que nacen ramas secundarias en su base (figura 3). Se ha aprovechado en este caso la morfología original de la rama sin apenas modificaciones. La función de este instrumento se relaciona con el procesado de alimentos, para batir lácteos o sopas. Instrumentos similares en lo que se refiere a la forma se encuentran también en yacimientos neolíticos del área circualpina (PETREQUIN & PETREQUIN, 1988).

4. El palo apuntado

Finalmente un fragmento de palo apuntado fue confeccionado también con madera de tejo. Se trata de una rama o tronco segmentado longitudinalmente a la que se ha dado una morfología apuntada, tiene una longitud de unos 10 cm y un grosor de 2 cm. Tiene sección triangular y punta biselada, su extremo proximal está roto, por lo que cabe suponer que originalmente sería más largo, y parcialmente carbonizado. Los palos apuntados son los objetos más abundantes en el yacimiento y posiblemente están relacionados con diversas funciones, entre ellas la de palos cavadores para remover la tierra (LÓPEZ & AL, 2012). Para la confección de los palos apuntados se utilizaron diversas especies, siendo el boj el más representado. Por lo que podemos apuntar que el palo apuntado de tejo es más bien una rareza en el conjunto.

5. Los restos de madera carbonizada

Finalmente queremos hacer una mención a los restos de madera carbonizada de la Draga, que reflejan los

combustibles utilizados. Para la fase I, de la que proceden los objetos de madera, el estudio de 1120 fragmentos de carbón muestra un aprovechamiento de 14 taxones (CARUSO & PIQUÉ, 2014; PIQUÉ, 2000) entre los que destaca el roble y el laurel que representan respectivamente el 59,3 y el 23, 2% de los fragmentos determinados (figura 4). El resto de taxones tiene un uso más esporádico y tan solo el avellano y la lambrusca tienen valores por encima del 3%. Los restos de carbón de tejo son prácticamente insignificantes en el conjunto, tan solo 4 que representan apenas el 0,4% de los restos. Podemos afirmar por lo tanto que el tejo no fue utilizado como combustible, siendo la presencia de estos fragmentos de carbón anecdótica, tal vez resultado de la amortización de algún objeto en desuso. Generalmente, según se observa en sociedades actuales, cualquier fragmento de madera procedente de objetos en desuso puede acabar en el fuego. Recordemos que dos de los arcos estaban fragmentados y el palo apuntado presentaba además un extremo parcialmente carbonizado.

	Total artefactos		Combustible	
	N	%	N	%
<i>Acer sp.</i>	1	0,6		
<i>Arbutus unedo</i>	1	0,6	2	0.2
<i>Buxus sempervirens</i>	85	48,1	16	1.4
<i>Carex sp/Juncus sp</i>	5	2,8		
<i>Clematis vidalba</i>	3	1,7		
<i>Cornus sp</i>	2	1,1		
<i>Corylus avellana</i>	9	5,1	60	5.4
<i>Juniperus sp</i>	3	1,7	1	0.1
<i>Laurus nobilis</i>	4	2,3	260	23.2
Monocotiledonea			1	0.1
<i>Pinus sp</i>	1	0,6		
Pomoideae	4	2,3	1	0.1
<i>Prunus sp</i>			6	0.5
<i>Quercus sp caducifoli</i>	22	12,4	664	59.3
<i>Quercus ilex-coccifera</i>	1	0,6	20	1.8
<i>Salix sp</i>	21	11,9	7	0.6
<i>Sambucus sp</i>	1	0,6		
<i>Taxus baccata</i>	6	3,4	4	0.4
<i>Tilia sp</i>	7	3,9		
<i>Ulmus sp</i>			22	1.9
<i>Vitis vinífera</i>			43	3.8
ND	1	0,6	13	1.2
TOTAL	177		1120	

Figura 4.- Especies utilizadas en la manufactura de instrumentos y como combustible en el yacimiento de La Draga.

DISCUSION

Los datos del estudio de los restos de combustibles permiten evidenciar la disponibilidad de las especies en el entorno del asentamiento y por lo tanto caracterizar los ambientes donde pudo ser recolectada la madera. Los carbones muestran que los combustibles se recolectaron principalmente en dos tipos de ecosistemas: los bosques caducifolios de roble y los bosques de ribera, que serían los dominantes en el entorno. En el primero se recolectaron, además del roble, el boj, el arce, las pomoideas y prunáceas y posiblemente el tilo. En los bosques de ribera que circundaban el lago se recolectó el laurel, el avellano, el cornejo, el suace, el sauco, el olmo y la lambrusca. Otras especies representadas pudieron también crecer en estos ambientes, por ejemplo las encinas y madroños podrían haber prosperado en áreas más soleadas, mientras que los pinos podrían haber crecido en puntos cercanos a mayor altitud. Según los datos polínicos los robles dominarían el entorno más allá de las áreas circundantes del lago que estarían dominadas por los bosques de ribera (BURJACHS, 2000; REVELLES & AL. 2014), cabe destacar que en los registros polínicos no han aparecido evidencias de tejo.

Debido a la baja densidad de restos de carbón y la ausencia de tejo en los registros polínicos consideramos que el tejo probablemente no creció en las inmediaciones del lago de Banyoles. La leña generalmente se recolecta en un radio cercano al asentamiento ya que el esfuerzo de desplazarse a varios kilómetros no compensa el rendimiento obtenido. Así, en el yacimiento los restos de carbón más abundante son los del roble y las especies de ribera, que serían las dominantes, lo que es coherente con los datos polínicos. Dos hipótesis se pueden barajar sobre el origen de los objetos de tejo. Se puede plantear que el tejo probablemente se recolectó en áreas más alejadas y con la intención de elaborar estos instrumentos. Sin embargo no podemos tampoco descartar que los instrumentos hubiesen llegado al asentamiento en forma de productos acabados o semielaborados, lo que explicaría la casi total ausencia de carbones de tejo. Si los instrumentos se hubiesen elaborado en el asentamiento los residuos de la elaboración seguramente se habrían arrojado al fuego y estarían más representados.

Actualmente el tejo en el Noreste de la Península se intercala entre los hayedos y pinares (CARITAT & AL, 2004) y las tejedas más cercanas se encuentran en la Alta Garrotxa a cierta distancia de la localización del yacimiento. No se puede descartar que el área de distribución del tejo fuera mayor hace 7300 años, de hecho la curva de polen de tejo se incrementa a partir del período Atlántico en los registros polínicos del Este de los Pirineos, como se puede ver en Sobrestany y Pinet 2 (PARRA & AL, 2005; REILLE & LOWE, 1993) y la mayor densidad de restos de carbón de esta especie también se registra entre 7300-5300 cal BP (UZQUIANO & AL, 2014). Los yacimientos más cercanos a la Draga que han proporcionado restos de

carbones de tejo son la Cova 120, la Bauma del Serrat del Pont, la Prunera y la Cova del Avellaner, en cronologías que van desde 8900 a 3800 cal ANE, todos ellos en La Garrotxa. No obstante, en todos los casos las frecuencias de aparición son muy bajas y apenas está representado por uno o dos fragmentos de carbón en cada yacimiento y nivel (PIQUÉ, 2005; ROS MORA, 1996), lo que permite plantear que en ninguno de estos yacimientos fue utilizado como combustible habitual.

Podemos concluir por lo tanto que pese a la baja presencia de restos carbonizados de tejo que se registra en los yacimientos neolíticos del NE Peninsular su madera fue muy apreciada para la manufactura de instrumentos. En el único yacimiento donde se ha conservado la madera sin carbonizar, La Draga, se documenta un uso recurrente para confeccionar arcos además de otros tipos de instrumentos. El interés por el tejo entre estas comunidades se refleja también en el hecho de que posiblemente se desplazaron para buscar su madera a cierta distancia del asentamiento.

Los objetos de madera en el yacimiento neolítico de La Draga demuestran el conocimiento que tenían sobre las propiedades de la madera de tejo en cuanto a su flexibilidad. Esta madera se usó de modo recurrente en la confección de arcos al requerir dichas armas de madera muy flexible y poco proclive a las fracturas. Asimismo, la manera en que fueron confeccionados los arcos tenía por objetivo obtener el máximo rendimiento de estas propiedades. Por este motivo se utilizó la porción del tronco o rama que correspondía a los anillos exteriores y no se modificó el último anillo de crecimiento, más allá de la extracción de la corteza, para no romper las fibras. Este tipo de manufactura se observa en otros arcos europeos, lo que demuestra que era un conocimiento compartido con otras poblaciones.

CONCLUSIONES

Los restos de madera de tejo de la Draga, correspondientes a los citados objetos y restos de carbón, son un testimonio excepcional para conocer la historia de esta especie en la región; por un lado porque aporta datos sobre el área de distribución de la especie y por otro porque demuestra los conocimientos de la población neolítica en relación con las propiedades de las especies leñosas.

Los resultados obtenidos muestran un uso recurrente de esta especie para confeccionar arcos, que requieren para su efectividad de madera flexible y resistente, aunque también se utilizó para confeccionar otros instrumentos, como ciertos mangos o la batidora. La presencia de tejo en La Draga puede ser indicador de que esta especie crecía en la región, lo que parece confirmado por otros registros arqueológicos, si bien no podemos afirmar que

estuviese presente en el área más cercana al yacimiento.

La contextualización de los restos de tejo de La Draga con otros yacimientos cercanos, contemporáneos y más recientes, parece confirmar que este tipo de madera se seleccionó preferentemente para producir instrumentos, siendo su uso como combustible más bien marginal.

AGRADECIMIENTOS

Los trabajos se han realizado en el marco de los proyectos HAR2012-38838-C02-01 y HAR2012-38838-C02-02 financiados por el Ministerio de Economía y Competitividad y “La Draga en el procés de neolitització del nord est peninsular (2014/100822)” financiado por el departamento de Cultura de la Generalitat de Catalunya. Agradecemos al Ajuntament de Banyoles todo el apoyo prestado para la realización del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- ANTOLÍN, F. & BUXÓ, R.** (2011). L'exploració de les plantes al jaciment de la Draga: contribució a la història de l'agricultura i de l'alimentació vegetal del neolític a Catalunya. In: *El poblat lacustre del neolític antic de La Draga: Excavacions de 2000-2005* (BOSCH, A., CHINCHILLA, J., TARRÚS, J. coords.), pp. 147-174. CASC-Museu d'Arqueologia de Catalunya, Girona.
- ANTOLÍN, F.; CARUSO, L.; MENSUA, C.; OLÀRIA, C.; PIQUÉ, R. & ALONSO, N.** (2010). Forest resources exploitation in the Late Mesolithic and Early Neolithic site of Cova Fosca (Ares del Maestre, Castelló, Spain). In: *Des hommes et des plantes. Exploitation du milieu et gestion des ressources végétales de la préhistoire à nos jours. XXXe Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes* (DELHON, C.; THÉRY-PARISOT, I.; THIÉBAULT, S. Eds), pp: 223-234. Éditions APDCA, Antibes
- ANTOLÍN, F. & JACOMET, S.** (2014). Wild fruit use among early farmers in the Neolithic (5400-2300 cal BC) in the north-east of the Iberian Peninsula: an intensive practice?. *Vegetation History and Archaeobotany*, DOI: 10.1007/s00334-014-0483-x.
- BAUDAIS, D.** 1985. Le mobilier en bois des sites littoraux de Chalain et Clairvaux. Musées de Lons-le-Saunier, Besançon, Dole et Genève. In : *Présentation des collections du Musée de Lons-le-Saunier, n. 1. Neolithique Chalain-Clairvaux fouilles anciennes*, pp. 177-199. Musée archéologique de Lons-le-Saunier, Lons-le-Saunier:
- BOSCH A., CHINCHILLA J. & TARRÚS J.** coords. (2000). *El poblat lacustre neolític de La Draga. Excavacions de 1990-1998*. Museu d'Arqueologia de Catalunya-CASC, Girona.
- BOSCH A., CHINCHILLA J. & TARRÚS J.** coords. (2006). *Els objectes de fusta del poblat neolític de la Draga. Excavacions 1995-2005*. Museu d'Arqueologia de Catalunya-CASC, Girona.
- BOSCH A., CHINCHILLA J. & TARRÚS J.** coords. (2011). *El poblat lacustre del neolític antic de La Draga. Excavacions 2000-2005*. Museu d'Arqueologia de Catalunya-CASC, Girona.
- BOSCH, A.; PALOMO, A., PIQUÉ, R. & TARRÚS, J.** (2008). Las láminas de piedra pulimentada y su relación con los mangos de azuela en el poblado de La Draga. In: *Actas del IV congreso del Neolítico Peninsular*. Tomo II. (HERNANDEZ, M. SOLER DÍAZ, J. LOPEZ PADILLA, J.A. eds) pp: 266-271. MARQ Museo Arqueológico de Alicante, Diputación de Alicante, Alicante
- BURJACHS, F.** (2000). El paisatge del neolític antic. Les dades palinològiques. In: *El poblat lacustre neolític de la Draga. Excavacions de 1990 a 1998* (BOSCH, A.; CHINCHILLA, J. & TARRÚS, J. eds.) pp: 46-50. Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya, Girona.
- CARITAT, A.; VILAR SAIR, L. & SALA, E.** (2014). Regeneración del tejo en Catalunya. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias forestales*, 18: 97-100
- CARUSO FERMÉ, L. & PIQUÉ, R.** (2014). Landscape and forest exploitation at the ancient neolithic site of La Draga. *The Holocene* 22, doi: 10.1177/0959683613517400
- CLARK, J. G. D.** (1963). Neolithic bows from Somerset, England, and the prehistory of archery in north-western Europe. *Proceedings of the Prehistoric Society* 29:50-98.
- DIAS-MEIRINHO, M. H.** (2012). *Des armes et des homes: l'archerie à la transition néolithique-âge du bronze en Europe occidentale*. PhD dissertation. Université Toulouse le Mirail-Toulouse II. <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00674601>
- EGG, M. & SPINDLER, K.** (1993). Die Gletschermumie vom Ende der Steinzeit aus den Ötztaler Alpen. Vorbericht. *Jahrbuch des Römisch-Germanischen Zentralmuseums* 39:3-100.
- GROSJEAN, M.; SUTER, P.J.; TRASCHEL, M. & WANNER, H.** (2007). Ice-borne prehistoric finds in the Swiss Alps reflect Holocene glacier fluctuations. *Journal of Quaternary Science* 22 (3):203-207.
- GUYAN, W. U.** (1990). Bogen und Pfeil als Jagdwaffe im Weier. In: *Die ersten Bauern 1* (HÖNEISEN, M. ed.) pp. 135-138. Landesmuseum Zurich, Zürich.
- JUNKMANN, J.** (2006). *Arc et flèche. Fabrication et utilisation au Néolithique*. Éditions du musée Schwab, Bienne.

JUNKMANS, J. (2013). *Pfeil und bogen. Von der Altsteinzeit bis zum Mittelalter*. Verlag Angelika Hörning, Ludwigshafen.

LÓPEZ, O.; PALOMO, A. & PIQUÉ, R. (2012). Woodworking technology and functional experimentation in the Neolithic site of La Draga (Banyoles, Spain). *Experimentelle Archäologie in Europa* 11: 56 - 65.

MARTIN, L. & THIEBAULT, S. (2010) L'if (*Taxus baccata* L.): histoire et usages d'un arbre durant la Préhistoire récente. L'exemple du domaine alpin et circum-alpin. *Anthropobotanica* 01: 3-20. <http://www.mnhn.fr>

OAKLEY, K. P.; ANDREWS, P.; KEELEY, L. H.; & CLARK, J. D. (1977). A reappraisal of the Clacton spearpoint. *Proceedings of the Prehistoric Society* 43: 13-30.

OEGGL, K. (2009) The significance of the Tyrolean Iceman for the archaeobotany of Central Europe. *Vegetation History and Archaeobotany* 18:1-11. DOI 10.1007/s00334-008-0186-2

OUT, W.A. (2009). *Sowing the seed: human impact and plant subsistence in Dutch wetlands during the Late Mesolithic and Early and Middle Neolithic (5500-3400 cal BC)*. PhD dissertation, Leiden University. Archaeological Studies Leiden University (ASLU) 18. Leiden University Press. <http://hdl.handle.net/1887/1403>

PALOMO, A.; PIQUÉ, R.; TERRADAS, X.; LÓPEZ, O.; CLEMENTE, I. & GIBAJA, J.F. (2013). Woodworking technology in the early Neolithic site of La Draga (Banyoles, Spain). In: *Regards croisés sur les outils liés au travail des végétaux. An interdisciplinary focus on plant-working tools* (ANDERSON, P. C.; CHEVAL, C. & DURAND, A. dirs) pp: 383-396. Éditions APDCA, Antibes.

PALOMO, A.; PIQUÉ, R.; TERRADAS, X.; BOSCH, A.; BUXÓ, R.; CHINCHILLA, J.; SAÑA, M.; & TARRÚS, J. (2014). Prehistoric occupation of Banyoles lakeshore: results of recent excavations at La Draga site, Girona, Spain. *Journal of Wetland Archaeology* 14: 58-73.

PALOMO, A.; PIQUÉ, R.; BOSCH, A.; CHINCHILLA, J.; GIBAJA, J.F.; SAÑA, M. & TARRÚS, J. (2005). La caza en el yacimiento neolítico lacustre de La Draga (Banyoles-Girona) In: *III Congreso de Neolítico de la Península Ibérica*, pp: 135-143 (ARIAS, P.; ONTAÑÓN, R.; GARCÍA MONCÓ, C. eds). Universidad de Cantabria, Santander.

PARRAL, I.; VAN CAMPO E. & OTTO T. (2005). Análisis palinológico y radiométrico del sondeo Sobrestany. Nueve milenios de historia natural e impactos humanos sobre la vegetación del Alt Empordà. *Empuries* 54: 33-44

PÉTREQUIN, A.M. & PÉTREQUIN, P. (1988). *Le néolithique des lacs. Préhistoire des lacs de Chalain et de Clairvaux (4000-2000 av. J.-C)*. Errance, Paris.

PIQUÉ, R. (2005) Paisaje y gestión de recursos forestales entre el VI y IV milenio cal BC en el nordeste de la Península Ibérica. In *III Congreso de Neolítico de la Península Ibérica*, pp: 45-52 (ARIAS, P.; ONTAÑÓN, R.; GARCÍA MONCÓ, C. eds). Universidad de Cantabria, Santander.

PIQUÉ, R. (2000) El paisatge de la Draga segons les dades dendrològiques i antracològiques. In: *El poblat lacustre Neolític de La Draga. Excavacions 1990-1998* (BOSCH, A. & CHINCHILLA, J. TARRÚS, J.; coord.). Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya, Girona.

PIQUÉ, R.; PALOMO, A.; TERRADAS, X.; TARRÚS, J.; BUXÓ, R.; BOSCH, A.; CHINCHILLA, J.; BODGANOVIC, I.; LÓPEZ, O. & SAÑA, M. (en prensa). The Neolithic Bows from la Draga: Social and Economic Implications of Prehistoric Archery in Early Farming Societies. *Journal of Archaeological Science*.

REILLE, M. & LOWE, J.J. (1993). Re-Evaluation of the vegetation history of the Eastern Pyrenees (France) from the end of the Last Glacial to the Present. *Quaternary Science Reviews* 12: 47-77

REVELLES, J., ANTOLÍN, F., BERIHUETE, M., BUXÓ, R., BURJACHS, F., CARUSO, L., LÓPEZ, O., PALOMO, A., PIQUÉ, R. & TERRADAS, X. (2014). Landscape transformation and economical practices among the first farming societies in Lake Banyoles (Girona, Spain). *Environmental Archaeology* 19 (3), 298-310.

ROS MORA M.T. (1996) Datos antracológicos sobre la diversidad paisajística de Catalunya en el Neolítico. *Rubricatum* 1: 43-56

SAÑA, M. (2011). La gestió dels recursos animals. In: *El poblat lacustre del neolític antic de La Draga. Excavacions 2000-2005* (BOSCH, A.; CHINCHILLA, J. & TARRÚS, J. coords) pp: 177-212. Museu d'Arqueologia de Catalunya-CASC. Girona

THIEME H. & VEIL S. (1985). Neue Untersuchungen zum eemzeitlichen Elefanten-Jagdplatz Lehringen, Ldkr. Verden. *Die Kunde* 36, S. 11-58

UZQUIANO, P., ALLUÉ, E., ANTOLÍN, F., BURJACHS, F., PICORNELL, LL., PIQUÉ, R. & ZAPATA, L. (2014). All about yew: on the trail of *Taxus baccata* in SW Europe by means of integrated archaeobotanical and ethnographical studies. *Vegetation History and Archaeobotany*, DOI 10.1007/s00334-014-0475-x.

VORUZ, J.-L. (1991). *Le Néolithique Suisse. Bilan documentaire*, Document du Département d'Anthropologie et d'Ecologie de l'Université de Genève 16.

Ancient & Veteran Yews in the Cultures of the British Isles

ANDY MCGEENEY*

www.andymcgeeney.com

*andymcgeeney@talktalk.net

ABSTRACT

This paper explores the origins and distribution of ancient and veteran yews in the British Isles. It discusses the importance of the yew to pre-Christian and early Christian cultures in these islands. Evidence from artefacts and texts are presented in support. The distribution of ancient yews in Britain and Ireland today does not match the ecological capabilities and known distribution of wild yews. Some attempt is made to explain the reasons behind the distribution of culturally important ancient & veteran yews.

KEYWORDS

yew, culture, Celts, Anglo-Saxon, Britain, Ireland

INTRODUCTION

Britain has inherited the greatest number of culturally ancient and veteran yews in the world. The vast majority are in churchyards. In a country obsessed with heritage and tradition the old yews have no clear legal protection and are still being felled and set fire to. It is essential for their long term conservation that their historical cultural value is reclaimed. This paper explores the important question of why and by whom were our old yews planted? The hypotheses presented in this paper draw evidence from a diversity of disciplines: dendro-chronology, anthropology, archaeology, genetics, linguistics, and history.

The yew was held in high regard to varying degrees in the British Isles from Paleolithic times (HAGENEDER, 2007). The planting of our old yews was part of a tradition which predates the arrival of Christianity to the British Isles, and it continued as a result of cultural integration between heathen and Christian religious practice. For a variety of reasons it continued to be an accepted feature of our cultures until the present day (MCGEENEY, 2013). Their survival into the 21st century is testament to that.

The evidence for the origin of our ancient cultural yews is similar to the trees themselves. As you go back in time the origins/centre becomes less distinct and may disappear into hollow space. One consequence of the paucity of data is that some writers have drawn information from a vast range of sources, conflating diverse cultures and periods of history. Because of the real complexity of cultural relationships and changes

over time it is important that research from now on is more specific in time and place (cf Prior F in MORTON, 2009). Compare the swirling designs in 'celtic' art that are found across Europe as a result of trade and imitation with the multiplicity of different localised forms of goddess worship in pre-Roman times. Similarly, interpretations of the yew need to distinguish between local and widespread practices.

Caution is required, for example, to avoid amalgamating the cultures within the British Isles. Ireland in particular has a distinct and more isolated history in relation to Britain. The Welsh along with English Britons were culturally and linguistically different from the Anglo-Saxon settlers in eastern England. The Welsh and Scots became Christianised in part because of Irish missionaries. Any explanation for the current distribution of ancient yews needs to take into account the regional differences in culture and history.

THE AGE OF YEWS

The question of the accurate ageing of our old yews is crucial to the focus of this paper. Until we can place a certain tree in an historical period it is not easy to explain why people planted them.

For example if a particular ancient yew is in a churchyard in England how do we go about explaining why it is there? Do we assume it is there because early Christians planted it, i.e. up to 1,500 years ago? Or did the Christians take over a pagan site which included an old yew? Or thirdly were the local people a mix of Christians and non-Christians at the time of the planting who were attempting to integrate Christian teaching with a much older pre-Christian tradition? Locating the tree in an historical period is essential. Fortunately great strides have been made in the past two decades to reduce the level of uncertainty (HINDSON, 2010; MOIR & AL., 2013).

This paper uses the classification of old yews in the AYG Protocols (HINDSON, 2010b). That is to say three overlapping bands and an extra category: Veteran >4.9m, estim. >500-1200 yrs, ; Ancient >7m, 800yrs – no limit ; (Notable >300-500 yrs does not concern this paper) the extra category is Exceptional >9m, age determined on an individual basis. These bands are based on 707 veteran, 204 ancient, 55 exceptional trees (HINDSON, 2010b).

DISTRIBUTION OF THE YEW IN THE BRITISH ISLES

A modern distribution map of *T. baccata* (BSBI, 2014) shows it to be widely distributed across Britain from Cornwall to Scotland. The yew is capable of growing in a wide range of soils. The yew favours chalk and limestone and is thus more common in areas with an alkaline based soil type (HAGENER, 2007). In the British Isles major outcrops of limestone and chalk occur in the following areas: a chalk band crosses England from Dorset through Hampshire across to East Anglia with another branch surrounding the Weald in Kent and Sussex, and another area forms the Lincolnshire Wolds. A parallel band of Jurassic limestone to the north goes from Dorset to Gloucestershire and the east Midlands. Large part of Yorkshire, Northumbria and the Central Lowlands of Scotland are composed of carboniferous limestone. Additional outcrops occur in south Wales, parts of north Wales and the Derbyshire Peak District. Large areas of inland Ireland from Sligo southwards are limestone. The south west and north of Ireland are largely devoid of limestone except for small outcrops in NE Ulster (BGS, 1979). As a robust species the yew is able to thrive well beyond the favoured limestone areas. It does not appear to have any significant ecological impediments to its distribution in these islands except extremely damp soil and high acidity.

On the Continent *T. baccata* is limited to some extent by reduced light levels and extremely wet soils, a phenomenon with a north south gradient. These parameters do not concern us here because we are examining and attempting to explain a primarily east west gradient.

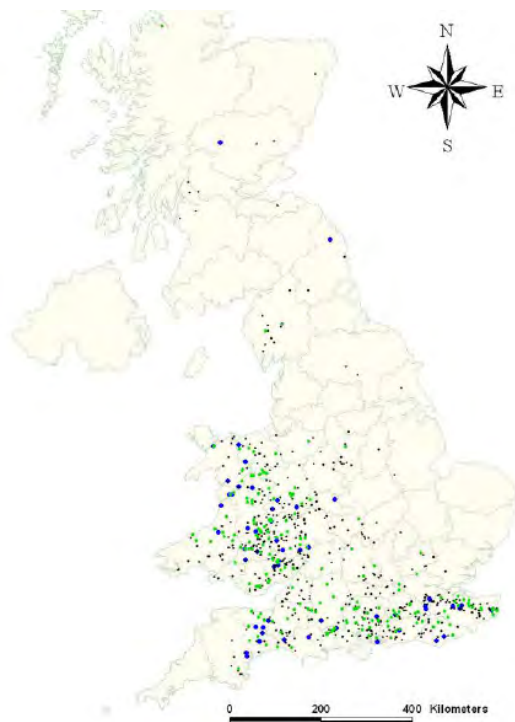


Figure 1. Map of the yews in Britain (MOIR, 2013): black are veteran yews (girth:5-7m), green the ancient yews (7-9m) and in blue exceptional yews (>9m).

Distribution of ancient and veteran yews

We find a different distribution when we look at ancient & veteran yews in Britain (Ireland has only a few veteran yews). They do not exactly match the natural and planted distributions from modern times, although some alkali areas are favoured.

There are more old yews in the following areas. Wales, particularly central and eastern areas such as Powys extending in to the west of England counties of Shropshire, Herefordshire and Gloucestershire. As an aside, the extension into England could be attributed to the earlier more easterly distribution of Welsh culture before the Norman conquest of 1066. There are a few old yews in Cumbria but the majority of English trees are distributed in the Midlands and southern counties of Berkshire, Buckinghamshire, east Devon, Somerset, Dorset, Hampshire, Sussex, Kent. Interestingly there are none or very few ancient yews in the east and north of England. A line can be drawn across from Liverpool to London with most ancient & veteran yews to the south and west of the line. The question of why old yews do not match ecological conditions suggests there are cultural reasons for the distribution.

A case study: *There are no ancient yews recorded in Cambridgeshire. It has largely Cretaceous chalk soil in those areas which were not once part of the wetland Fens. The soil conditions are similar to parts of Kent further south where ancient yews abound. In virtually every churchyard I have visited in Cambridgeshire I have found healthy yew trees growing there. From their size and condition most of them are probably no more than 200 years old. Farmers in north Cambridgeshire regularly deep plough the peaty soil which was once part of the Fens. They frequently remove 4,000 year old yew tree boles indicating that yew trees were thriving four millennia ago. Ecology is not a barrier to the yew in Cambridgeshire. The lack of ancient cultural yews in Cambridgeshire must be anthropogenic.*

Early Celtic Christianity

The practice of the 'Celtic' church in Wales, Scotland and Ireland evolved differently and sometimes in opposition to the Roman church of the Anglo-Saxon Saxons. They eschewed the hierarchical power of a centralised church until the famous Synod of Whitby in 663 CE when power was lost to the church of Rome. However the cultural differences remained. The early Celtic Christians were often wanderers who lived an ascetic life. They were attracted to remote places such as offshore islands, caves and old trees. The tone of their writing is more mystical and many were poets. There is a strong feeling they were incorporating or reinterpreting the new theology within an earlier set of beliefs. Nature was not seen as the work of the devil to be fought against or destroyed. Nature was a manifestation of the workings of God, and spiritual development grew by being further from humanity and surrounded by natural forces.

A common attribute of the Celtic saints was their ability to plant their staff into the ground whereupon it sprouted fresh leaves and grew into a tree e.g. St Ninian C6. The species include thorn, yew, ash and hazel (HOOKE, 2010). I interpret this as a transitional mythic act. The belief in a feminine generative force creating trees from mother earth was a very powerful pagan image. The new believers in a sky god required the alternative mythic image of a male saint creating a tree from dead wood as if by magic.

Ireland

There are no ancient cultural yews in Ireland today and yet the evidence from a range of sources points to the yew as being significant in pre Christian and early Christian religious practice.

It is important to recognise that Ireland was not invaded by the Romans nor was not taken over by the Anglo-Saxon Saxons, although the Vikings made significant settlements. Also, and of equal significance, when the Christian church did arrive it did not come from the Roman church; it was indigenously grown. It was many centuries before Ireland joined the European mainstream Catholic church, managing to retain its early roots almost intact, if not in the church then in folk traditions. Ireland throughout its history has had the capacity to absorb the forces entering the country and adapting them to meet their own needs. Ascetic Christians in Ireland desired to blend Christian and pagan practice. There are innumerable examples of poetry written by hermits and saints on the pleasures of being in nature. Wilderness was seen as a place to test one's faith, to avoid the temptations of the wider world of people, and to get closer to God's creation (JACKSON, 1951). Anglo-Saxon texts make few references to nature and if they do it is usually negative (HOOKE, 2010). The following examples illustrate the blended transition to Christianity in Ireland.

'At first, in brief, the church came to the tree, not the tree to the church.' (Lucas in HOOKE, 2010). St Patrick, patron saint of Ireland, founded a church near *Bile Tortan* – bile refers to a sacred tree (LUCAS, 1963). The place name Killure comes from *Cell Iubhair* – 'church of the yew', and there was a *Iubhar Arun*, 'Arnuns Yew' (HOOKE, 2010).

In the C8-9 'The Exile of Conal Corc' describes a yew growing on a prominent stone in front of a small oratory. The druid Aed, states that whoever lights a fire under the yew tree will become King of Munster. This is a good illustration of the relatively harmonious transition between pagan and Christian beliefs. The tree, stone and fire (no water mentioned) were all common elements in Iron Age pagan rituals. (MORTON, 2009).

Evidence from the pre-Christian Iron Age indicates the yew to be held in high esteem in Ireland. 'The Tain', a famous collection of epic tales recorded by Christian monks in the C12, is thought to be based on an oral tradition from the Iron Age (KINSELLA, 1970). In it the yew is placed in the narrative signifying kingly and spiritual power (McGeeney in prep). For example we are told very clearly in the opening scene that the king of Ulster is in his palace lined with yew wood. Later the hero goes to meet a wise woman who lives in a yew tree. Interestingly the C12 monk recorders considered it significant to record the species of tree in the mythic story.

The last example is Giraldus of Cambrensis who toured Ireland in 1184 and reported that yews were more frequently found in Ireland than in any other country he had visited. But what comes next is very interesting when we come to explain why there are no ancient yews in Ireland today.

He writes, '... you see them principally in old cemeteries and sacred places, where they were planted in ancient times by the hands of holy men, to give them what ornament and beauty they could, for now we see many of them broken down and trampled.'

References to the protection of sacred trees appears in C7 poetry. Which trees are considered sacred and in need of protection in law varies through time. The earliest texts give the apple and hazel most priority although the yew is referenced on occasion along with ash, pine and holly (HOOKE, 2010). This information suggests some caution is required in not isolating the yew as the only culturally significant tree at that time. A botanical bias could be at work. The pagan and early Christian holy grounds may have been planted with a variety of sacred trees from holly to yew, oak, ash, hazel and apple. But of those examples only the yew would have survived into modern, even mediaeval times. The pagan goddess Brigit morphed successfully into St Brigit in Ireland. She was associated with the oak tree and when the Normans arrived in the C12 at Cill Dara they found a very pagan fire burning at her shrine under an oak (Green). There is however sufficient evidence to demonstrate the cultural importance of the yew for pagans and Christian alike.

If yews were retained in sacred grounds in Ireland when the first churches were built why do they not remain as they do in England and Wales? Hard evidence from this period is in short supply at the moment. We can only speculate. Although the Irish escaped Roman invasion they were subjected to centuries of oppression and abuse by the English. Cromwell's men (C17) in particular destroyed buildings and burnt down trees as a way of intimidating the Irish. Giraldus records that a group of Anglo-Norman archers were smitten with pestilence 'in retribution for their impiety'. The soldiers had cut down yews and ash trees at the monastery of Finglas. (MORTON, 2009)

The Celtic mythology of Ireland is full of significant trees and indeed there were the five sacred trees of Ireland corresponding to the four kingdoms and the centre of the country. At least two and maybe more were said to be yew trees.

Wales

The Celtic languages of the British Isles are in two forms Goidelic which includes Irish and Scots Gaelic, Manx tongues, and Brythonic represented by Welsh, Cornish and Breton (and Breton in northern France). The languages reflect the similarities and differences in culture between the different nations. From the biographies of the saints we can see that there was considerable movement between Ireland, Scotland, Wales and England during the period of early Christianity.

Morton comments that there are less texts in early Welsh literature compared to the Irish, making it difficult to find a similar number of references to holy yew trees. He also notes that the literature on the founding of churches in Wales is sparse, as is the amount of archaeological work. He refers to the work of historians (e.g. JR Davies) who suggest that the occurrence of the word *llan* (holy enclosure) with a saint's name e.g. *Llanddewi* after St David, was a phenomenon between the end of the C7 and the middle of the C11, instigated soon after the saint's death. The older churches have a circular *llan* around them and are more likely to be seen at sites with a circle of old yews on the perimeter. Three quarters of curved sites are thought to be pre Norman (Heather James in MORTON, 2009). The oldest sites tend to have the oldest yew trees. Jones found over 200 holy wells in Wales associated with ecclesiastical sites, half with evidence of earlier pagan use. He also records yew trees growing at some of the sites, e.g. *Gwenlais*. (Jones F in GREGORY)

Two texts indicate the significance of the yew in Wales. One is 'The Book of Llandaf', C12, which records that a woman was raped as she sought sanctuary between the church and the yew tree at a place called *Mulic*. The bishop is recorded as having punished the perpetrators for violating the protected ground. Morton points out the significance of the yew tree in demarcating sacred ground as part of the *llan*. The second is the 'Laws of Hywel Dda', originating in the C10 and showing similarities with Irish law. In chapter five trees are given monetary value and the greatest is a holy or saint's yew which is said to be worth one pound. This compares with a woodland yew of 15 pence and 30 pence for a secular yew. There are 240 pence to the old pound. Morton draws our attention to the high value placed on sacred yews and evidence that yews were planted in churchyards in the C10. (MORTON, 2009)

Both Morton and Bevan Jones argue for a strong association between the founding of a church and the planting of a yew tree in Wales. Morton points to an

earlier Celtic veneration of the yew which continued in to Christian times, possibly because it was believed yew offered protective powers to the site. Outside of the official church country people accepted both pagan and Christian beliefs as is suggested by continuing folklore practices. A modern example of multiple belief systems can be seen in Japan today. People frequently have Shinto, Buddhist and Christian wedding ceremonies one after the other on the same day.

Morton points out the virtual absence of ancient yews in Anglesey, Flintshire, Pembrokeshire and only one in Glamorgan. He suggests a botanical explanation. I think it is interesting that there were Viking settlements in Pembrokeshire, Glamorgan and Dublin (which is opposite Anglesey and Flintshire). The ancient yews could have been destroyed during Viking raids along with ecclesiastical buildings.

In Wales there are many single ancient yews in churchyards following the ancient tradition of a holy tree. There are also a good number of sites where the church is located within a circle of similar sized ancient yews. This is an impressive site to come across every time. There are also churches which look as if there may have been more trees forming a circle but some have been lost. When I think of circles of ancient yews I think of Wales but there are other places where this occurs in England and so it is not an exclusively Welsh phenomenon. I suggest that a different explanation is required to account for circles of yews. In these instances the yews could have been planted to define the sacred space/burial ground. More work is required.

Cornwall

Cornwall in SW England is devoid of cultural yews. And yet in the eastern half of its neighbouring county Devon there are many churchyards with magnificent old yews. Elsewhere the Celtic regions of Wales, Ireland, Scotland, Normandy and northern Spain indicate strong cultural ties with old yews. Why is Cornwall and W Devon anomalous? Although *T. baccata* is recorded throughout the area and is seen in churchyards the igneous geology and acidic soils are not conducive to yews. As permanent features of the landscape holy wells have had a better chance of survival from pagan times than trees. 'Cornwall is better endowed with holy wells than most other counties.' (BORD, 1986) It has 150 Holy wells. Is it that the Cornish once had cultural yews like their neighbours the Welsh and across the sea the Bretons? Or did they recognise the yew trees poor survival in their county and focus on wells? What part does seafaring have in their cultural differences? More research is required.

Scotland

Scotland and Ireland share many genetic, linguistic and cultural links that go back a long way. Although it is contended, the predominant thinking is that Scotland was settled by migrating Irish Celts, displacing indigenous Picts (SNOW, 2001; CAMPBELL, 2014). We find that, as in Ireland, yews were found in ecclesiastical sites in Scotland and place names attest to the trees significance, virtually nothing remains today. One exception is the widest girthed (14 m) and possibly the oldest yew in Europe at Fortingall Perthshire. A tree in its own category and surrounded by a variety of ancient sites, its history remains an enigma.

In contrast to England a significant number of cultural ancient and veteran yews in Scotland (with fewer examples in modern Ireland) are planted at or near the entrance to a high status dwelling such as a castle. They are rarely seen near an ecclesiastical building. Examples are the yews outside Whittinghame castle, Roslin castle, Houston/Craigends, Hunterston castle, Craigends/Johnstone, Lennox castle/ Lennoxtown, Dirleton castle, Tynninghame House / Tynninghame, Oxenford castle/ Pathhead, Drymen/Buchanan castle, Crupton castle, Kearn castle/ Largs, Mortonhall.

The men of the Fraser clan would meet before battle above Loch Ness. Traditionally clans would identify themselves in the fray by wearing a totem plant in their bonnet. The Frasers wore a yew sprig. This is because the muster site has a grove of only males yews, including a significant old yew with a spring below it (McGeeney pers obs).

What were the intentions of the people who planted a yew outside their castle? Was it as a symbolic protective guardian for the inhabitants; or did it signify status; or was it an attempt to reflect some of the qualities of the yew: lethal weaponry, toughness and endurance? They are unlikely to be ancient – surely they would have been destroyed in clan warfare? We need different explanations and more evidence – spiritual and military - to account for cultural yews in Scotland.

The Transition to Christian England in Anglo-Saxon Times

Our understanding of the situation in the mid 1st millennium is helped if we take a systemic view. That is to say we should not look for simple cause and effect rather that the survival of old trees, planting of new ones and the meaning of the yew was the result of various competing forces. None of these forces held sway entirely and in all places, so the outcome was a more complex pattern of cultural activity. Some examples will help before we look at the detail.

The Anglo-Saxon were not Christian consistently and in all parts of England in this period; some areas reverted back to pagan practices more than others. If not among the clergy and the ruling class the general population would have had mixed feelings and beliefs about their relationship to trees. People who lived and worked among trees and needed them for survival inevitably have a different attitude to those in court and cloister. There were different influences from the Roman and Celtic churches who held different beliefs about the relationship between humans and nature. The Celtic church held more sway in the west than in the south and east of the country. Bishops varied as they do today on whether they were authoritarian and intolerant or accommodating and inclusive. The Anglo-Saxon takeover of England involved the integration of many different regional variations in culture.

A major shift in cultural beliefs associated with the yew and in fact all trees occurred after Christianity took firm hold of most of Europe. Before Christianity was fully established trees in Europe were worshipped and particular trees and sites held sacred. When the church found it could not eliminate the power of trees, either because people refused to let go or the tree exerted its intrinsic power of meaning, it took out their divinity and replaced it with symbolic value alone. An important consequence was that trees were not eliminated entirely from cultural value, they were merely recategorised.

If we assume for the moment that cultural yew trees were planted in at least some parts of Britain and Ireland before Christianity arrived then the transition period was crucial to the continuing existence of cultural yew. Some early missionaries demanded the destruction of heathen buildings, sacred groves, and old yew trees. Martin, bishop of Tours set about felling sacred trees whenever he could (HOOKE, 2009). The zealous found justification in the Old Testament for destroying heathen temples and trees. And they reinforced this with their own legislation. In 452 the second Council of Arles declared that “If in the territory of a bishop infidels light torches or venerate trees, fountains, stones, and he neglects to abolish this usage, he must know he is guilty of sacrilege.” (BORD, 1986).

A more conciliatory tactic to win over the population was taken by Pope Gregory in his famous letter to Mellitus, Bishop of London in 601. He advised that, “the idol temples of that race (the English) should by no means be destroyed, but only the idols in them. Take holy water and sprinkle it in these shrines, build altars and place relics in them. For if the shrines are well built, it is essential that they should be changed from the worship of devils to the service of the true God.” (Bede in HOOKE, 2009). Pagan names for: easter (Eostre); *geol* for midwinter became ‘yule’ (nothing to do with the origin of word ‘yew’, although the yew is associated with midwinter), some days of the week are named after gods (Tiw,

Thunor and Frig;) and many Anglo-Saxon place names indicate heathen worship (Thundersley, Wednesbury); all suggesting integration and respect for earlier traditions. The ancient yews in churchyards today are evidence enough that it was acceptable to retain and plant new ones 1500 years ago.

On the evidence of place-names just mentioned we may have a hint of a link between ancient yew distribution and the strength of heathen worship during the period of early Christianity. Remember that the main areas today where ancient cultural yews are absent is: Cornwall, the north of England and East Anglia. I am speculating that the early church may have been more tolerant of pagan practices, such as the retaining and planting of yew trees, in certain areas of England but not others. The place-names which attest to the worship of heathen gods (i.e. Tew, Thor and Woden) are widely distributed over the Midlands and southern counties. They are notably absent from the south western counties, Lincolnshire, East Anglia and the whole of the country north of the Humber (BLAIR, 1956). The areas just mentioned were areas where Christianity persisted while other areas lapsed back into heathen worship. I don't have any evidence but my speculation is that the Christians in the areas that were reverting back to heathenism may have tried to be more integrative and accepting of heathen elements within their practice (at times this was the official advice given by the pope to English missionaries, see above). Hence more yew trees survived and were planted in those areas.

Further evidence of the mixing of pagan and Christian beliefs comes from the sighting of churches. Many old English churches (i.e. over 400 years old) are sited in impressive places in the landscape: on a hill top, by a river or stream, looking out over open landscape etc. in contrast, churches built in the Victorian era (C19) often look as if they were built for convenience, to serve an expanding community, rather than express a sense of place in the landscape. The early church founders may have been following existing pagan traditions which were more sensitive to natural phenomena such as woods, rivers and hilltops. Evidence supporting this view comes from place names combining Thunor and Woden found in a considerable number of places, commonly combined with *beorg* and *hlaw* both meaning 'mound' either artificial or natural, *feld* 'open space', *leah* 'wood' or 'clearing in a wood'. Eg Thursley, Thunderfield (HOOKE, 2009).

In England the vast majority of ancient & veteran yews are found in churchyards. They are single or more rarely multiples in different parts of the churchyard.

It is interesting to consider that there are no ancient/veteran yews in the grounds of cathedrals in England. Why did the early cathedral builders from the Normans (C11) onwards choose not to plant a yew near the most significant sacred building in the diocese? Does it signify a break with earlier traditions? Or a difference between

community church building and elite cathedral building? Does it reinforce the notion that yews were retained as part of a continuing cultural phenomenon on existing sacred sites, where as cathedrals were new builds planned by Norman French conquerors? My assumption is that the Norman elite, who spoke French and did not live in a place imbued with their own heritage, were disconnected from the continuing practices and beliefs (including respecting sacred trees) of the Anglo-Saxon and Celtic farming communities they ruled over. One major difficulty with this hypothesis is the presence in Normandy churchyards of some magnificent ancient yews. But the Norman court in England may have drawn its cultural values from the French court in Paris and not even been aware of country life in Normandy. More work is required to resolve this question.

Danelaw

In an attempt to explain the absence of ancient yews in eastern England it has been suggested that the Danish and Norwegian invaders in the first Millennium intimidated the local Britons by cutting down their totemic yew trees (CORNISH, 1946). The area controlled by the Scandinavians in England in the C9 was known as Danelaw and it covered an area north and east of a line roughly from Liverpool to London. It is evident that there are very few ancient & veteran yews today in the Danelaw area. We can add that in Wales, which has a lot of ancient yews, there are no ancient yews in Pembrokeshire where Scandinavians also settled. Nor are there ancient trees on the Isle of Man or the extreme north of Scotland, again areas of Scandinavian settlement. Bede describes the complete destruction of all forms of monastic life by the Vikings in the C9.

While this is an interesting partial correlation there does not seem to be any evidence that this is what the invaders actually did. The religion based around Odin in Scandinavia closely allied him with the yew making it unlikely the invaders would destroy a totemic tree. The low numbers of invaders meant that Christian life continued and in a generation the Danes were converted to the new religion as part of a treaty with the English King Alfred (BLAIR, 1970).

Perhaps the distinctions between the different invaders is more subtle. The cultural distribution in Britain 250 years earlier in about 600CE had Jute and Saxon settling invaders (from roughly parts of modern Denmark) matching higher concentrations of ancient yews. The Angles however settled at about the same time in areas which today have very few or no ancient yews. Again we see an interesting partial correlation but no evidence that the Angles indulged in cutting down culturally significant trees. Another question ripe for investigation.

Secondary reasons for yew plantings

Many reasons have been put forward as to why yews were planted in churchyards and this paper has focused on the period either side of the establishment of Christianity in the British Isles. I wish to briefly acknowledge some of the supplementary hypotheses that exist.

As a source of wood for yew longbows, dismissed as: poor quality wood, better Continental sources, not enough to supply England's needs, conflict of interests between Church's sacred ground and State military intentions. (HAGENEDER, 2007; MABEY, 1996)

To keep yews away from livestock, dismissed: churchyards only became enclosed from 1700 onwards, sheep used to keep grass down in churchyards.

As shelter for the church and churchyard, some evidence (1307 Edward I decree in Gregory) but insufficient for single trees to be of great benefit. A secondary consequence in windswept places.

As shelter for mourners at a funeral, possibly a secondary benefit.

To absorb poisonous vapours, the reason given in 1664 by Turner R. (MABEY, 1996). A yew in London is planted on a plague pit. This still leaves the question why yew and not any tree?

A source of foliage for Palm Sunday: evidence from a variety of sources of yew being used on Palm Sunday. The yew twig does look like a miniature palm frond. Willow (*salix* spp) also used. Records suggest a later adoption for mostly practical reasons (MABEY, 1996). Similarly there is evidence of biblical scenes being enacted outside the church using a female yew in fruit to represent the tree from which Eve gave an apple to Adam (HAGENEDER, 2007).

To protect the sacred site from malevolent forces: some evidence this was believed. And much evidence that people in the past planted yew trees outside their houses for protection. Eg 500 year old tree planted to ward off witches in Hampshire (HINDSON, 2010b).

CONCLUSIONS

Evidence from a variety of sources, texts, folklore and archaeology, has been examined and found to provide a complex history of the cultural yew in the British Isles. The ageing in general terms of ancient yews has progressed considerably in recent years. This work is interpreted at the moment pointing to a considerable number of our ancient yews being planted around the time Christianity was established in Britain and Ireland. The evidence also points to a continuity in the cultural value of the yew going back millennia.

The differential distribution of ancient & veteran yews is to be explained not in ecological terms but as a result of cultural differences. New texts and excavations in east Anglia might settle the Danelaw Hypothesis. Their meaning has shifted over time and has included associations with spirituality, death, resurrection and renewal, protective powers and longevity.

Further research is required to tease out the cultural differences and similarities as well as to confirm or refute current working hypotheses. It is to be hoped that more texts will come to light and that archaeology will more readily take account of living trees in their interpretation of sites.

The presence of these magnificent ancient and veteran yews in our communities today is testament to their enduring power. Over the centuries yew trees have evoked strong thoughts and emotions in those responsible for their survival. I hope that the work of the AYG and others in Britain and abroad will ensure their continuing presence into the next century.

ACKNOWLEDGEMENTS

I wish to acknowledge my grateful thanks to BSBI and Andy Moir for the use of their distribution maps. I also wish to thank Fed Hageneder and Toby Hindson for their time in providing useful feedback on the paper.

BIBLIOGRAPHY

ALDEHOUSE-GREEN, M. (2000). *Seeing the wood for the trees: The Symbolism of Trees and Wood in Ancient Gaul and Britain*. Aberystwyth. in Hooke D 2006

BEVAN-JONES, R. (2002). *The Ancient Yew*, Bollington, Macclesfield.

BLAIR, PH. (1970). *An Introduction to Anglo-Saxon England* CUP Cambridge.

BORD, J & C (1986). *Sacred Waters: Holy wells and water lore in Britain and Ireland*. Paladin. London.

BGS (1979). *British Geological Survey Ten Mile Maps north and south 3rd ed*. Institute of Geological Sciences, NHM London

BSBI (2014). BSBI maps: <http://www.bsbimaps.org.uk/atlas/main.php> Accessed 12/08/14

CAMPBELL, E. (2014). *Where the Scots Irish?* Website accessed 2014: <http://www.electricscotland.com/history/articles/scotsirish.htm>

CHETAN, A. & BRUETON, D. (1994). *The Sacred Yew*. Arkana, London

CORNISH, V. (1946). *The Churchyard Yew & Immortality*. London

CUNLIFFE, B. (1997). *The Ancient Celts*, OUP Oxford

CUNLIFFE, B & KOCH JT. (2010). *Celtic From the west: Alternative Perspectives from Archaeology, Genetics, Language and Literature*. Oxbow Books, Oxford.

DARVILL, T. (1987). *Prehistoric Britain*, Routledge London.

FORESTER, T. trans and ed. (1891). revised Wright T, *The Historical Works of Giraldus Cambrensis* London.

GRAVES, R. (1961). *The White Goddess*. Faber, & Faber London

GREEN, M. (1995). *Celtic Goddesses* British Museum Press, London

GREGORY, D. *Country Churchyards in Wales*.

HAGENEDER, F., (2007) *Yew a history*, Sutton Publishing, Stroud.

HARDY PD, (1836). *The Holy Wells of Ireland*. Dublin.

HEANEY, S., (1984). *Sweeney Astray* Faber & Faber, London.

HINDSON, T, (2010a). *Ancient & Veteran yews, Classification Protocols Part I*, pdf on AYG site

HINDSON, T (2010b). *AYG Classification Protocols Part II*, pdf on AYG site.

HOOKE, D. (2010). *Trees in Anglo-Saxon-Saxon England*, Boydell Press, Woodbridge UK

JACKSON, KH (1951). *A Celtic Miscellany*. Penguin. London

KINSELLA, T. (1970). *The Tain* OUP Oxford.

LUCAS, AT. (1963). 'The Sacred Trees of Ireland'. *Journal of the Cork Historical and Archaeological Society* 64. pp 16-54

MABEY, R. (1996). *Flora Britannica*, Sinclair-Stevenson, London

MCGEENEY, A. (2013). What does the yew mean for us today? III Journadas Internacionales sobre el Tejo (*Taxus baccata* L.), Tejo, Cultural Bioversidad, pp19-24, AATT (Asociaci'on Amigos del Tejo y las Tejadas, Madrid.

MILNER, E. (1992). *The Tree Book*, Collins and Brown. London.

MOIR, A., HINDSON, T., HILLS, T., & HADDLESLEY, R., (2013). The exceptional yew trees of England, Scotland and Wales, *RFS Quarterly Journal* 185-191.

MORTON, A., (2009). *Trees of the Celtic Saints, Ancient Yews of Wales*, Gwasg Carreg Gwalch. Llanrwst

Ó CORRAIN D., (2001). "Prehistoric and Early Christian Ireland", in Foster, Roy (ed.), *The Oxford Illustrated History of Ireland*. Oxford University Press. In Wikipedia

O'HEOCHAIDH, S., NINEILL, M. & O'CAITHLAIN S. (1977). *Fairy Legends of Donegal*. Dublin.

PHILPOTT, J.H. (1897). *The Sacred Tree in Religion and Myth*, reprint 2004 Mineola, New York

ROBERTSON, A.J. (1925). *The Laws of the Kings of England. p2607 Wulfstan's Canons of Edgar*. Cambridge.

ROSS, A. (1970). *The Pagan Celts*, Batsford Press, London

SNOW, D.R. (2001). 'Scotland's Irish Origins' *Archaeology* 54. 4. AIA. website accessed 2014: <http://archive.archaeology.org/0107/abstracts/scotland.html>

Abstracts

Taxane and taxol production in cellular cultures of *Taxus spp.* *Taxus sp.* cellular cultures as an alternative production source of taxol and other taxanes

KARLA RAMÍREZ¹, NADIA TAPIA², LIDIA OSUNA², ALEJANDRO ZAMILPA², HERIBERTO VIDAL¹, JAVIER PALAZON¹

¹Laboratori de Fisiologia Vegetal. Facultat de Farmacia. Universitat de Barcelona Av. Joan XXIII sn, 08028 Barcelona, Spain.

²Centro de Investigación Biomédica del Sur. Instituto Mexicano del Seguro Social. Argentina 1, Col. Centro. Xochitepec, Morelos (México). kramirezes@ub.edu

ABSTRACT

Taxol®, a diterpenic alkaloid synthesized by many *Taxus* species, is a very effective drug for the treatment of several kinds of cancer. Taxol is also currently being tested for its activity against other illness involving microtubules. The main problem for taxol mass production is its low content in *Taxus* inner bark, its natural source. To obtain 1kg of taxol it is necessary to destroy approximately 1500 yew trees. Therefore other systems are required to obtain sufficiently high amounts to satisfy the increasing demand for taxol. Among various alternative strategies, one of the most used is biotechnological production using large scale cell cultures of *Taxus spp.* In this work, we have studied the production of taxol and its precursors, baccatin III (BII) and 10- deacetylbaccatin III (DABIII), in cellular cultures of three *Taxus* species.

Taxus baccata, *T. x media* and *T. globosa* cellular cultures were established from friable calli obtained previously from explants. As shown in Figure 1, in control conditions, the majority taxane obtained in cellular cultures of *T. globosa* and *T. media* was DABIII, while in *T. baccata* cellular cultures DABIII and BII concentrations were similar. In all cases, supplementing the culture media with the elicitor methyl jasmonate (MeJa) clearly enhanced the production of all the taxanes studied. *T. media* cell cultures had the highest taxane yield, followed by *T. baccata* and *T. globosa*, all of them achieving optimum production with MeJa, thereby demonstrating the efficiency of this elicitor in taxol synthesis. In *T. globosa* cell cultures taxol production was completely MeJa dependent. Maximum taxol yields of elicited *T. baccata* and *T. media* were three-fold higher than under control conditions. These results show that the cell cultures of the three *Taxus* species are useful alternative systems for taxane production, which is enhanced by the elicitor MeJa. Creating new cell lines and optimizing the process is expected to provide high-producing cell cultures.

First evidences of use of *Taxus baccata* in Catalonia: the wooden artefacts of La Draga (Banyoles, Spain)

RAQUEL PIQUÉ¹, ANTONI PALOMO¹, XAVIER TERRADAS², JOSEP TARRÚS³

¹Departament de Prehistòria, Universitat Autònoma de Barcelona

² Departament de Arqueologia i Antropologia, Institució Milà i Fontanals, CSIC 3 Museu Arqueològic Comarcal de Banyoles

ABSTRACT

The objects manufactures in wood are rare in the archaeological sites of the Iberian Peninsula. The environmental conditions of the majority of the sites are not favourable for the conservation of the organic matter, although there are some important exceptions. This is the case of the Neolithic site of La Draga (5324-5000 cal ANE), located on the shore of the lake of Banyoles (Girona). The oldest level has been preserved under the water table since the Neolithic and has provided an extraordinary sample of wooden objects related to agricultural, domestic and hunting activities, as well as the remains of the dwellings. Among this sample there are especially interesting the remains of yew objects: three bows (two fragmented and one entire), and adze handle, a mixer and a fragment of a pointed stick. The bows of La Draga are the oldest of the Neolithic in Europe and the firsts manufactured in this kind of wood, a tradition that continues throughout the Neolithic and has lasted until today. Despite the low number of objects made of yew (six among near 200 retrieved objects so far) should highlight the diversity of functions that they covered: hunting, woodworking and processing of food. The yew was a very appreciate raw material for the inhabitants of La Draga and was mainly used for manufacturing tools. In contrast, yew was rarely used as firewood; only four pieces of charcoal of a total of 1120 studied for the oldest level correspond to this specie.

Therapeutically forest track of the with yews at Olletes

JAUME HIDALGO

Institut de Medi Ambient. Universitat de Girona

ABSTRACT

The “Sèlvans” project, promoted by Acciónatura and the Environment Institute of the University of Girona, is developing a pilot network of therapeutically forest tracks in the Girona province, thanks to the collaboration of the Diputació de Girona and the Patronat de Turisme Costa Brava Girona.

One of these tracks will “run” through the “Olletes” forest, in the “Vall d’en Bas” area, a forest comprised of a mixture of deciduous trees, and a remarkable presence of yews. “Sèlvans” was put in motion in 2005 by the hand of the Diputació de Girona, with the main objective of helping configure a network of mature and unique forests through land stewardship and other means of its valuation. After configuring a first network in the province of Girona, “Sèlvans” is now being extended to the rest of Catalonia, mainly through the incorporation of the “Sèlvans” program into Acciónatura in December 2013, with continuing support by the Environment Institute of the University of Girona.

This extension, promoted as a flagship project by Acciónatura, is being carried out on the base of different land stewardship initiatives, several natural areas protection figures, the designation of natural reserves in the forest planning instruments, and a developed “Unique forests of Catalonia” catalogue. In order to succeed in this endeavour, forest owner’s implication is becoming a crucial element, both private and public, as well as the mutual understanding with natural areas management bodies.

These forests, some also with remarkable landscape beauty, sum up excellent conditions for the generation of services for health and welfare, through the creation of so called “therapeutically forest tracks”, an initiative inspired by the network of therapeutically forest tracks already established in Japan and South Korea, where these forest tracks have become outstanding catalysts also of rural development, at a local scale. The initiative has the potential of becoming an extremely valuable instrument for biodiversity conservation, especially for the biodiversity linked to mature forest structures, as we foster the natural evolution of these ecosystems.

Each track will seek the engagement of local actors, especially linked to rural tourism and/or establishments of health and welfare, all becoming organizers and administrators of the guided tours, as well as the maintenance of the tracks and associated infrastructure. The richness of our forests in terms of species can generate a very diverse offer of services and therapeutical properties and benefits. Without a doubt, the presence of yew in the neighbourhood of Olletes will magnify the value of this future therapeutical forest.

Therapeutic advances using Taxanes

FERNANDO VASCO, REMIGIO LOZANO

Amigos del Tejo y las Tejadas (AATT)

ABSTRACT

The three taxanes currently used for therapeutic purposes in the EU are: **Cabazitaxel**, **Docetaxel** and **Paclitaxel**. They are indicated for various tumours and cancers under different dosage forms. The knowledge about how they act has also increased and innovative actions outside the oncological field have been suggested. **Cabazitaxel** is used to treat metastatic and hormone-resistant prostatic carcinoma. Docetaxel is indicated for treating various types of breast cancer in combination with other active principles and different posology. It is also used in non-small-cell lung cancer, prostate cancer, stomach cancer, and neck and head carcinoma. **Paclitaxel** is indicated for ovarian cancer, and under different types of treatments also for breast cancer, lung cancer and Kaposi sarcoma. An innovative nanoparticle-based treatment delivery using albumin-bound paclitaxel (nab-paclitaxel) is being now used to treat pancreatic cancer. In addition to the known forms of action (inhibiting mitosis after inducing anomalous tubulin polymerization, reducing the expression of one of the oncogenes that block programmed cell self-destruction and inhibiting angiogenesis) some of the taxanes already used therapeutically could also stimulate the growth capacity of axons damaged after spinal cord injuries.

Environmental educational actions in the Serra de Llaberia

SILVIA GARCIA

Consorci per a la protecció i la gestió de l'espai d'interès natural de la Serra de Llaberia

ABSTRACT

Yew-tree is a kind relatively unknown by the great part of population, especially among young generations. There is a necessity about perform actions to increase environment education related to this specie and it's habitat. The Consortium of Serra de Llaberia, Life Taxus project member, bets for create an environmental and educational program related with environmental values and cultural ones, and the necessity of yew-tree and yew-forest conservation in the zone, including activities in schools of near villages and to the general public, and at the same time, present objectives and actions that are performed by the Life Taxus project. Educational environmental actions wants to strengthen analyses and research of the reality and the critical spirit of the participants by to be in contact with environment and by using leisure and participative methods, increasing in this way cooperative working, responsibility and social commitment.

All about yew: on the trail of *Taxus baccata* in SW Europe by means of integrated archaeobotanical studies

PALOMA UZQUIANO OLLERO

Universidad Nacional de Educación a Distancia C/Mediodía Grande 17. Spain

p_uzquiano@hotmail.com

ABSTRACT

Yew (*Taxus baccata*), a beautiful and magnificent tree, has captivated the attention of human groups since early Holocene as shown by a large number of archaeobotanical studies, pollen, charcoal and other plant macroremains, carried out throughout Europe. This paper reviews current information about the history and traditional uses of *Taxus baccata* in SW Europe from a dual perspective based on the interaction of environmental and cultural factors. Different types of archaeobotanical and archaeological evidences will be considered (pollen, charcoal, seed/fruits, wooden artifacts). The geographical scope will cover different areas of northern Iberia, the Pyrenees and near regions.

The first archaeobotanical occurrences of *Taxus baccata* are recorded since the end of Pleistocene and especially between 8000-7000 BP corresponding to the Mesolithic-Neolithic transition. However, its most relevant values are found between 6000-2000 BP coinciding with its maximum pollen curve in the area of study. According to pollen records this taxon has firstly played a significant role within the mixed oak forest and then went gradually disappearing (ca. 3000 BP) from middle altitudes due to increasing human pressure. Human use can be clearly foreseen through plant macroremains from archaeological sites. The presence during the Neolithic of *Taxus* fruits, manufactured yew tools and samples associated to livestock activities allow us to discuss palaeoethnobotanical uses that may have contributed to its clear decrease in the late Holocene.

Throughout the study area it is also very common to find specimens of yew alongside small romanesque churches, chapels or even in cemeteries. This may give us an idea of how yew has endured in the memories of humans wherever it has remained.



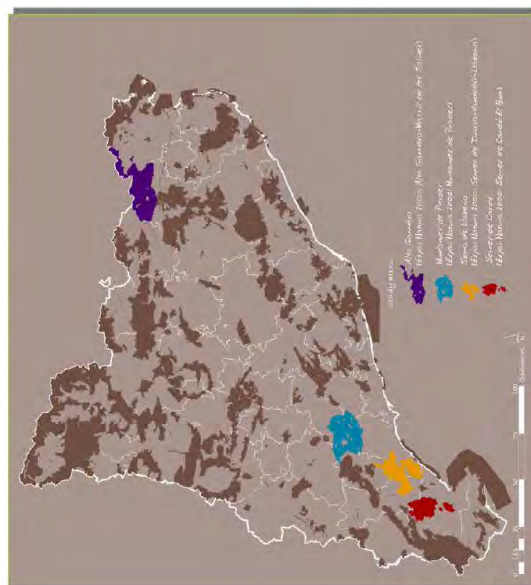
POSTERS

POSTERS

IV International yew workshop (October, 23 - 25 2014)

Water stress ($\delta^{13}\text{C}$) in *Taxus baccata* L. depends on canopy cover and basal area of the neighboring trees

Ana I. Ríos¹, V. Aguilár², D. Guixé¹, J. Camprodon¹, A. Caritat^{1,2}, P. Casals¹
¹ Forest Sciences Centre of Catalonia (CEMFOR-CTFC); ² Universitat de Girona



OBJECTIVE

As a part of the **LIFE Taxus project** (www.taxus.cat), the ultimate goal of this study is to understand how different intensities of selective cuttings, to improve the yew habitat conservation, affect the vigor of yew trees. The specific objective is: **to estimate the competition/facilitation effects of neighbouring trees on the yew (*Taxus baccata*) water stress.**

INTRODUCTION

In the Mediterranean region, yew trees (*T. baccata*) are usually found living with other tree species in mixed forests. Water stress, and the growth of yew trees, may depend on the net balance between the competition for soil water with neighbors and the cover of the same neighbors which may reduce the evaporative demand. These effects could depend on the type of trait neighbors (perennials, deciduous and coniferous trees) and the bioclimatic region (Submediterranean or Mediterranean). This study aims to understand these processes using the natural abundance of carbon isotopes ($\delta^{13}\text{C}$) in yew leaves.

METHODOLOGY

During the years 2012-2013, we study 134 yew trees (stations) growing in two different regions (fig.1): Submediterranean (Alta Garrotxa and Muntanyes de Prades) and Mediterranean (Serra de Llaberia).

For each station consists in a central yew tree and a 5 meters area. We recorded the diameter, the height and the name of all woody species in each station. We also anoted the diameter of the yew and the percent cover per species of the yew canopy (the total cover was the sum of cover per each species and may be higher that 100). Finally we cut some yew leaves, corresponding to the last growing period, from the upperpart of its canopy.

We analyse the **water stress by the $\delta^{13}\text{C}$ composition of yew leaves** (see Ferrio et al. 2003). The leaves has been triturated and then

RESULTS AND DISCUSSION

Water stress of catalan yews and the bioclimatic regions:

Overall, adult yews growing in the Mediterranean region are more water stressed than in the Sub-mediterranean (high $\delta^{13}\text{C}$) (Tab.1). The juvenile yews were only studied in the Mediterranean locality of Serra de Llaberia, where they are less water stressed than adults (Tab. 1, Fig.2).

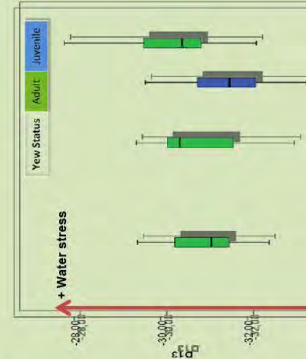


Table 1. Mean of $\delta^{13}\text{C}$ by bioclimatic region and the status juvenile and adult and the Analysis of variance

processed with PDZ Europa ANCA-GSL elemental analyzer interfaced to a PDZ Europa 20-20 isotope ratio mass spectrometer in UC Davis (University of California).

For the data analysis we use linear regression models. The $\delta^{13}\text{C}$ of yew leaves has been related with: the yew's basal area, total basal area of neighbors (and the basal area of perennials, deciduous and aciculfolious trees), and the percentage of cover. Adult ($\text{dn}>2.5$) and juvenile ($\text{dn}<2.5$) status of yew trees and the region of origin have been included in the model as dummy variables. Independent variables were square-root transformed.

Water stress and $\delta^{13}\text{C}$ (Ferrio et al. 2003)

It is possible to estimate the relative water stress from the $\delta^{13}\text{C}$ of plant leaves.

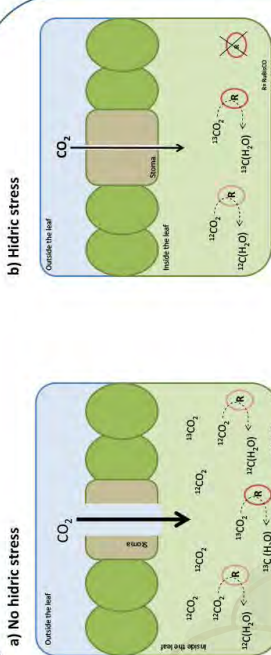
In the atmosphere, the $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ molar ratio is 1.99 and it is determined by mass spectrometry and referred to the PDB standard, as $\delta^{13}\text{C}$ values:

$$\text{EQ.1} \quad \delta^{13}\text{C}(\text{‰}) = \left[\left(\frac{R_{\text{sample}}}{R_{\text{standard}}} \right) - 1 \right] \times 1000$$



The main factors determining $\delta^{13}\text{C}$ in C3 plants are membrane diffusion and carbon fixation by the enzyme ribulose biphosphate carboxylase (RuBisCO). In the leaf the heavier isotope ^{13}C is discriminated respect the lighter ^{12}C during the physical and chemical processes involved in the synthesis of plant organic matter.

Hereby it is a simplified scheme of the relationship between carbon isotope composition ($\delta^{13}\text{C}$) and stomatal conductance related with the water availability:



When stomata are open (figure a), CO_2 diffuses easily into intercellular space, and the intercellular pressure of CO_2 is closer to the ambient. In that case RuBisCO is not limited by CO_2 and thus discrimination takes place mostly during the carboxylation step. In contrast, when stomata conductance is reduced (figure b), CO_2 flux is limited and the intercellular pressure of CO_2 is significantly lower than it is in the ambient. Therefore, photosynthesis is strongly limited by stomatal conductance, and the $\delta^{13}\text{C}$ becomes closer to the value of the discrimination during CO_2 diffusion in air (Ferrio et al. 2003).



Figure 2. Range of Leaf $\delta^{13}\text{C}$ of yew adults growing in different localities, and juvenile yews in Serra de Llaberia. (Data correspond to maximum, minimum and 25, 50 and 75 percentils)

Water stress of catalan yews and neighbouring trees:

Using linear regression models, the $\delta^{13}\text{C}$ of yew leaves has been related with: the yew's basal area, total basal area of neighbors, the basal area by type of tree (perennials, deciduous and needleleaf trees) and the percentage of cover of the yew canopy by other trees. Adult ($\text{dn}>2.5$) and juvenile ($\text{dn}<2.5$) status of yew trees and the region of origin have been included in the model as dummy variables. The results suggest that yew water stress (estimated as leaf $\delta^{13}\text{C}$) positively relates to the total basal area of neighbors and, negatively, with the canopy cover (EQ.2 and Fig.3).

	$\delta^{13}\text{C}$		$\delta^{13}\text{C}$		Multiple analysis of variance
	Sub-mediterranean	E.T.	Mean	E.T.	
Juvenile yew status	-30.93	0.15	-31.57	0.23	25.05 (0.0001)
Adult yew status	-30.93	0.15	-30.26	0.12	
F-value regions (Sig.)	10.93 (0.001)				

EQ.2. Linear regression model of water stress catalan yews.

$\delta^{13}\text{C} = -31.241 + 1.014 \cdot \text{JA} + 0.708 \cdot \text{MSM} - 0.099 \cdot (\% \text{Cov}) + 0.067 \cdot (\text{AB_Act})$					
Stand. Error	0.859	0.270	0.194	0.38	0.30
P-value	0.000	0.000	0.000	0.011	0.030

JA: Juvenile/Adult; MSM: Mediterranean/Submediterranean region; %Cov: percentage of cover of the yew canopy by other trees; AB_Act: Basal Area of needleleaf; JA and MSM are dummy variables where Juvenile and Mediterranean have 0 value.

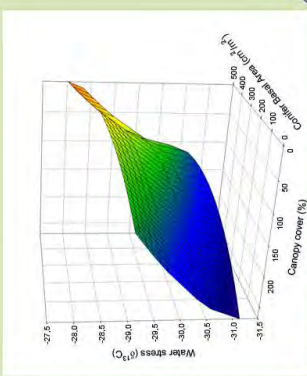


Figure 3. Water stress linear regression model

CONCLUSIONS

- Adult yew trees are more water stressed than juveniles.
- Yew trees growing in the Mediterranean area are more stressed than those from the Submediterranean region.
- Yew water stress positively relates to the total basal area of neighbors and, negatively with the canopy cover.

As a conclusion, selective cuttings should be addressed to reduce basal area of neighbors surrounding the target tree but avoiding affect the canopy cover.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was funded by the LIFE Taxus project (www.taxus.eu).

Many thanks to Jarkov Reverter of Consorci Serra de Llaberia, Sara Sánchez of Consorci Alta Garroba, Xavier Buqueras and Albert Duch of Poblet Natural Site, Roman Borrás of Rasquera Council, Guillem Argelich of CODE.

REFERENCES

Ferrio J.P., Voltes I., Arus J.L. (2003), "Use of carbon isotope composition in monitoring environmental changes", *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 14(1), 82-93.



IV International yew workshop (Poblet Natural Site, October, 23 - 25 2014)

Yew (*Taxus baccata* L.) seedling productions to reinforce Catalan yew populations

Ana I. Ríos¹, X. García², D. Guixé¹, P. Casals¹, A. Caritat¹ and J. Camprodon¹

¹ Forest Sciences Centre of Catalonia (CTFC); ² Forest Sciences Centre of Catalonia (CTFC); ² Centre for Forest Research an Experimentation (CIEF)



Objective

The final goal is the restoration of Catalanian yew woods through the reinforcement of some of their populations by supplementary plantings in the framework of LIFE the LIFE Taxus project (www.taxus.cat).

Introduction

Yew woods populations are in regression in the world. The Mediterranean area is the most threatened due to different factors: global warming, recurrent fires, overgrazing and other direct human interventions. In the framework of LIFE+NATURE 2000: Improvement of *Taxus baccata* L. conservation status in north-eastern Iberian Peninsula (LIFE Taxus) will be carried out the reinforcement of yew wood degraded by the recollection of germoplasm from the population that will be restaured and the production of plants by sexual reproduction.

In that context, the CTFC has been producing new plants of yew since 2012 following the methodology of García-Martí (2007) from 3 localities: Alta Garrotxa, Serra de Llaberia and Serra de Cardó. With the aim of ensure the genetic pool of the existing populations, all the production process, from the recollection of fruits to the plantation, follow a rigorous precedence control of the seeds. It is foreseen to produce 3500 seedlings prepared for future introduction in the field.

Methodology

The recollection and the processing of yew seeds

The fruit collection was carried out in three yew populations: Rasquera, Llaberia and Garrotxa in Nov. and Oct. of 2012. As the production of fruits in this year was extremely low, we collected just 5.6 kg of fruits, 30% of them from the ground. One year later, we decided to recollect more fruit, and in Oct. of 2013 we did 6.5Kg with only 1.3% from the ground. In both years, we collected small mammals' excrements with yew seeds. Fruits were processed separately for each yew tree, location and group (canopy, ground or excrement), to ensure the conservation of the gene pool. To obtain the seeds and assess their viability we follow the methodology described by García-Martí (2007).

Seed yew germination protocol

Yew seed breaks its dormancy after passing through the digestive tract of animals. To promote yew seed germination we follow the protocol described by García-Martí (2007) to clean the seeds from fruit covers and treated them by acid. After that, the seeds were sown in big pots (Figs. 2 and 5), and were let to the fridge at 4-5°C. After three months, the pots were moved to a shading structure in ECA of Solsona. In addition, a sub-sample of 2013 seeds, treated with acid, was exposed to a high temperature (60-80°C) during two days.



Planting out and culture

Testing of seed germination

We randomly selected 100 seed of each locality and we did a topography tetrazoli test for each locality and differentiating between seeds collected from the tree and those from the ground. The number of seed expected to have is calculated with the percentage of germination test and applying a 30% of surviving after germination.

Results and discussion

Recollection and testing of seed germination

We recollect 12.24 Kg of fruits during 2012 and 2013. The fruit production and the test germination of 2012 was lower than 2013 (Tab.1). The seeds exposed a high temperature during 24-48h have low percentage of positive germination in the test (Tab.1), most probably due to the 30% of fruit recollect from the ground. According to this percentage of germination, the number of predicted plant were 581 (Tab.2) and was considered insufficient for the restoration action. The fruit production and the test germination in 2013 was better, with 62% of positive germination seeds (Tab.1). So, in 2015, we will expect 3188 more of yew plants (Tab.2).

Seedling growth of seed recollect in 2012

The germinations of the seeds recollect in 2012 is slightly below than the predicted germination, with 514 plants living today front 581 predicted plant (Tab.3 and Tab.2). The seeds collected from the ground had different percentage of germination compared with these collected from the tree depending of the locality, and it is not conclusively. The seed eaten by small mammals (seeds from excreta) shown the best percentage of germination, with 81.6% of success (Tab.3). The effect of the mother tree is important because not all yew trees have produced viable seeds (Tab.3).

The effect of high temperature exposure of seeds to the germination

In general the seeds exposed to a high temperature germinated better than these exposed to low temperature (Tab.4). The variability between population is very high: seeds from Llongarriu shown great germination than seeds from Miscelòs despite both localities belong to the same region. This difference may be due to different seed quality of the mother yew tree.

Conclusions

- Considering the seed germination test and the mortality of plants during the culture, we expect to obtain in 2015 a total of 3769 plants.
- The quality of seed mother yew tree it is important to have a good percentage of positive germination.
- The testing of seed germination is a good predictor of the number of plants that could growth.
- The high temperature exposure of the seed before seedling can improve the percentage of germination but it needs to be more studied.

In April of 2013 the seeds emerged. After 5 weeks, we planted out in Forestpod® 300 containers with 20 cm depth. We added 47g of fertilizer (Floramid Permanent®) per plant to the substrate of culture.

Table 1. Results of the seed germination test (% of positive germination in test).

Locality	Treatment			
	Acid + Temperature	Acid	Acid	Acid
Alta Garrotxa	2012	2012	2013	2013
Mountain of Poblet	12	33	66	66
Serra de Llaberia	12	33	68	68
Serra de Cardò	12	33	62	62
Mean of % positive seed germination	12	33	62	62

Table 3. Percentage of seed germination by locality and plant surviving of seeds recollect in 2012

Locality	ALTA GARROTXA		SERRA DE LLABERIA		SERRA DE CARDÓ		TOTAL
	Llongarriu	Miscelòs	Llongarriu	Miscelòs	Llongarriu	Miscelòs	
Nº seeds	259	5747	218	5324	574	5324	11548
Nº germinations	163	103 (40)	1	574	881	881	881
% Germination	62.93	1.79	0.49	10.78	18.99	18.99	18.99
% from tree	62.93	0.09	Nd	5.58	22.87	22.87	22.87
% from ground	Nd	2.51	0.49	6.47	3.16	3.16	3.16
% from small animal dropping	Nd	81.63	Nd	Nd	81.63	81.63	81.63
Nº plants (09-2014)	86	76 (35)	1	356	554	554	554
% plant leaving (09-2014)	52.76	73.79	100	62.02	72.14	72.14	72.14
Nº mother yew trees	Divers*	8	Divers*	5	>13	>13	>13
Nº yew trees mother with seed germination	-	1	-	4	4	4	5

* Seeds recollect from some yew trees with very low productivity and have been cultured in a single batch

Table 4. Percentage of seed germination by treatment of seeds from 2012

Locality	High temperature exposure		Low temperature exposure	
	% Germination	% Germination	% Germination	% Germination
Serra de Llaberia	nd	5.96	5.96	5.96
Alta Garrotxa (Llongarriu)	62.93	Nd	Nd	Nd
Alta Garrotxa (Miscelòs)	1.23	3.14	3.14	3.14
Serra de Cardó	11.95	3.60	3.60	3.60
Mean	8.54	3.50	3.50	3.50

Acknowledgements

This study was funded by the LIFE Taxus project (www.taxus.cat). Many thanks to Jarxov Reverter of Consorci Serra de Llaberia, Sara Sánchez of Consorci Alta Garrotxa, Xavier Buqueras and Albert Duch of Poblet Natural Site, Roman Borrás of Rasquera Council and Guillem Argelich of CODE.

Highlight the collaboration of Carme Solà and Eva Viadrich from the School of Agricultural Training (ECA) of Solsona for the cession of his shade installation for the yew culture.

References

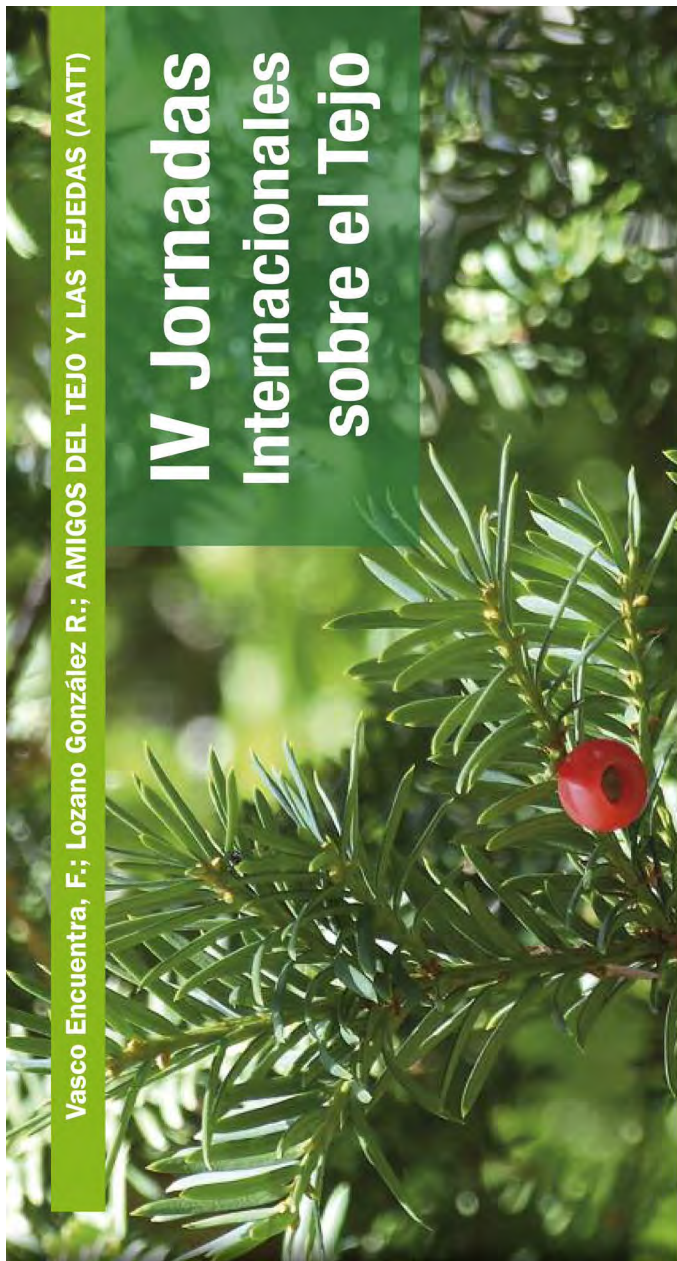
García Martí, X. (2007). Producción de material forestal de *Taxus baccata* L. destinado a planes de conservación in *El tejo en el Mediterráneo occidental: Jornadas Internacionales sobre el tejo y las tejeras en el Mediterráneo occidental*, pp. 141-152.



Química con Taxanos

Vasco Encuentra, F.; Lozano González R.; AMIGOS DEL TEJO Y LAS TEJEDAS (AATT)

IV Jornadas Internacionales sobre el Tejo

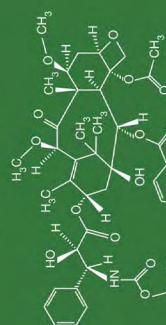


Los taxanos utilizados en terapéutica son fármacos antitumorales, inhibidores y desreguladores del huso mitótico. Ejercen su efecto antitumoral al unirse a la beta tubulina. La unión del taxano a la beta tubulina induce una polimerización anómala. Los microtubulos así formados presentan más puntos de crecimiento que los fisiológicos con los que son más cortos y menos tubulares; de hecho, tienen el aspecto de una cinta aplanada. El resultado es la formación de auténticos nudos de microtúbulos formados, hasta el punto de hacerlos no funcionales. Con ello se impide la división celular y el resto de actividades en las que están implicados los microtúbulos, entre ellos la angiogénesis (cuando se usan con concentraciones menores de las que producen toxicidad) y la metástasis tumoral.

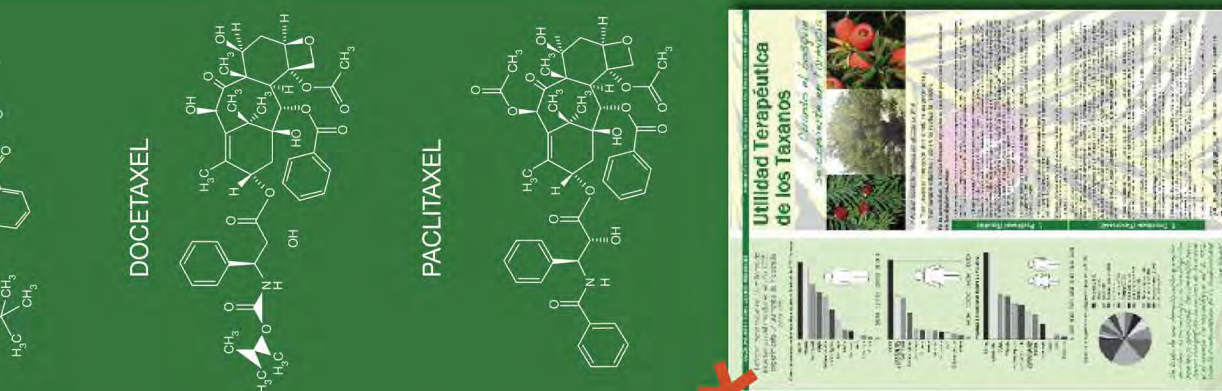
Además reducen la expresión de bcl-2, uno de los oncogenes que bloquean la apoptosis (auto-destrucción de las células de forma programada por nuestro propio organismo). Además tienen un efecto radiosensibilizante al impedir la progresión del ciclo celular en G2, que es cuando la célula es más sensible al daño inducido por las radiaciones ionizantes.

Actualmente hay tres taxanos que se utilizan en terapéutica en la Unión Europea: Cabazitaxel, Docetaxel y Paclitaxel. Bajo diferentes formas farmacéuticas están indicadas en diversos tipos de tumores y cáncer. Asimismo se ha ampliado el conocimiento de su forma de acción y se ha sugerido alguna novedosa actuación diferente del ámbito oncológico.

CABAZITAXEL



Avances en Terap



1. Cabazitaxel

Cáncer de próstata: en combinación con prednisona o prednisolona en tratamiento del carcinoma de próstata metastásico y hormono-resistente en pacientes tratados previamente con una pauta que incluyese docetaxel.

2. Docetaxel

Además de las indicaciones ya conocidas en cáncer de mama, de pulmón, de estómago y carcinoma de cabeza y cuello (ver póster Utilidad Terapéutica de los Taxanos, III Jornadas sobre el Tejo, Ponferrada 2010)* se está utilizando en tumor de próstata metastásico aumentando 14 meses la supervivencia. Entre julio de 2006 y noviembre de 2012 se ha llevado un ensayo clínico de 790 pacientes de los que al 50% se les aplicó terapia hormonal y al otro 50% se le aplicó terapia hormonal más Docetaxel. El grupo al que se añadió Docetaxel presentó una supervivencia de 57,6 meses junto a los 44 meses del otro grupo de pacientes. No hay que olvidar que el cáncer de próstata es el de mayor incidencia en varones, se diagnostican más de 27.000 nuevos casos de cáncer de páncreas en España, siendo uno de los más frecuentes en varones y el séptimo más prevalente en Europa.

Una nueva indicación del docetaxel junto con trastuzumab y pertuzumab se ha consolidado para el tratamiento de pacientes adultas con cáncer de mama localmente recidivante irresecable o metastásico HER2 positivo que no hayan recibido tratamiento previo anti-HER2 o quimioterapia para la enfermedad metastásica.

3. Paclitaxel

Además de las indicaciones ya conocidas en cáncer de ovario, cáncer de mama, cáncer de pulmón no microcítico y Sarcoma de Kaposi avanzado (ver póster Utilidad Terapéutica de los Taxanos, III Jornadas sobre el Tejo, Ponferrada 2010)*, se ha logrado un avance claro en el tratamiento del cáncer de páncreas. La comisión europea ha aprobado la utilización de nab-paclitaxel (formulación novedosa de nanopartículas de paclitaxel unido con albúmina) junto con gemcitabina (antitumoral) como primera línea de tratamiento en pacientes adultos con adenocarcinoma pancreático metastásico. Esta nueva combinación terapéutica ha conseguido aumentar hasta 8 ó 9 meses de supervivencia frente a los 5 de media que se obtenían con la gemcitabina sola. Actualmente se cifran entre 5.000 y 6.000 casos nuevos de cáncer en España. Siendo uno de los más frecuentes en varones y el séptimo más prevalente en Europa.

Otra nueva indicación es pacientes adultas de cáncer de ovario epitelial recurrente platinorresistente, de trompas de falopio o de peritoneo primario que hayan recibido no más de dos regímenes previos de quimioterapia y que no hayan recibido tratamiento previo con bevacizumab.

Fuera del ámbito oncológico, un trabajo publicado en la revista Science en 2011, investigadores del Instituto de Neurobiología Max Planck de Alemania sugieren que paclitaxel podría estimular la capacidad de crecimiento de axones dañados tras lesión medular. Este trabajo en ratas mostró que el fármaco redujo la cicatrización hipertrófica con daños medulares y eliminó barreras que impiden la regeneración axonal. Frank Bradke, autor principal del estudio señala que la cicatrización y la característica de los axones de no crecer tras sufrir daños son controlados por la dinámica de los microtúbulos, sobre los que actúa el paclitaxel.

Fuentes: *Catálogo de medicamentos 2014*. Departamento Técnico del Consejo General de Colegios Oficiales de Farmacéuticos de España. *El Global-Industria* 2-8 de junio de 2014. *Correo Farmacéutico*, 31-1-2011 a 6-2-2011. *AEMPS*. Boletín mensual de junio de 2014, www.aemps.gob.es/informa/boletinmensual/2014/junio/bc

Conservación directa del hábitat prioritario 9580 (Bosques de *Taxus baccata*) en la red Natura 2000 de la Comunidad Valenciana

XAVIER GARCÍA-MARTÍ¹, P. PABLO FERRER-GALLEGO^{1,2}, INMACULADA FERRANDO^{1,2}, JOSEP E. OLTRA^{1,2} & EMILIO LAGUNA¹

¹Generalitat Valenciana, Servicio de Vida Silvestre. Centro para la Investigación y Experimentación Forestal (CIEF). Avda. Comarques del País Valencià 114. 46930 Quart de Poblet (Valencia) (flora.cief@gva.es).

²VAERSA. Avenida de les Corts Valencianes, 20. 46015, Valencia.



Introducción

En la Comunidad Valenciana *Taxus baccata* L. está catalogada como especie “Vigilada” según la Orden 6/2013, de 25 de marzo, de la Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente. Esta situación de amenaza es motivo de una serie de trabajos en materia de conservación para mejorar el estado de algunas de sus poblaciones más marginales y en conjunto para preservar el hábitat prioritario 9580 dentro de espacios de la red Natura 2000 de la Comunidad Valenciana. Las actividades se inscriben dentro del método de trabajo que viene desarrollando el Centro para la Investigación y Experimentación Forestal de la Generalitat Valenciana, basado en el modelo de conservación cíclico *in situ-ex situ-in situ*.

Las áreas de trabajo se localizan dentro de la red de microrreservas de flora y espacios de la red Natura 2000 de la Comunidad Valenciana. Los trabajos de restitución se han realizado a partir del manejo previo *ex situ* del germoplasma de procedencia local. La recolección de semillas y esquejes se destina por un lado a la conservación *ex situ* a corto y largo plazo, y por otro a la producción de planta en vivero, esta última con dos finalidades; abastecer y renovar las colecciones de planta viva mantenidas en condiciones *ex situ* y quasi *ex situ*, lo que permite una multiplicación del material vegetal de reproducción, y por otra parte llevar a cabo los trabajos de restitución en el medio natural.



Tipo de contenedor utilizado en la producción de tejo y aspecto de la planta que ha sido introducida en campo (2-4 savias) (arriba). Tipo de protector metálico utilizado en las plantaciones (abajo).



Acciones de difusión de los resultados de los trabajos de plantación de tejo en la Comunidad Valenciana.



Tabla 1. Número de ejemplares de tejo plantados para cada uno de los enclaves donde se ha trabajado. MRF (Microrreserva de flora); PNM (Paraje Natural Municipal); PP (Paisaje Protegido); PN (Parque Natural). Los sumatorios indican diferentes fechas de plantación para un mismo enclave.				
Provincia	Localidad	Ejemplares	Total	
Valencia	MRF La Puerca	18	18	
	MRF Pico Ropé	16+12	28	
	Mondúver	2	2	
	PN Chera-Sot de Chera	65+50+5+28+40+40	228	
	MRF Penya de Benidadell	25	25	
	MRF Umbria Fuente del Roser	25	25	
	La Umbria	6	6	
	La Safor	20	20	
	MRF Umbria de Peñaparda	15	15	
	MRF Las Hoyuelas	14+10	24	
			Total: 391	
Alicante	PNM Els Arcs	20	20	
	Umbria de Mariola	16	16	
	PP Puigcampana y el Ponotx	13+31	44	
	MRF Pico del Puigcampana	18	18	
	MRF Hort Freres-La Canal	5	5	
Castellón	MRF Teixera d'Agres	25	25	
			Total: 128	
	MRF Barranc dels Horts	18	18	
			Total: 18	
Total			537	

Protecciones utilizadas en la plantación de la MRF Pico Ropé. Parque Natural de Chera-Sot de Chera, LIC Sierra Negrete (Valencia)

Plantación en el LIC y la MRF Pico del Puigcampana (Alicante)

Trabajos silvícolas previos para la adecuación del terreno y de la masa forestal para la plantación de tejo en el Parque Natural de Chera-Sot de Chera (Valencia) (LIC Sierra Negrete).

Tabla 2. Número de ejemplares de tejo plantados en los diferentes Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) de la red Natura 2000 dentro de la Comunidad Valenciana.

Los sumatorios indican diferentes fechas de plantación para un mismo enclave.

Los números entre paréntesis hacen referencia a la localización del LIC en el mapa adjunto

Lugares de Importancia Comunitaria	Ejemplares	Total
Valencia		
LIC Sierra del Negrete (1)	16+65+50+12+5+28+40+40	256
LIC Montdúver-Marzuquera (2)	2	2
LIC Sierra de Malacara (3)	25+6	31
LIC Serra de la Safor (4)	20	20
LIC Alto Turia (5)	14	14
Total:		323
Alicante		
LIC Mariola y Font Roja (6)	16+25	41
LIC Aitana y Puigcampana (7)	13+18+31+10+5	77
Total:		118
Castellón		
LIC L'Alt Maestrat (8)	18	18
Total		18
Total:		459



Mapa de distribución de los lugares donde se han realizado plantaciones de tejo dentro de la red Natura 2000 en la Comunidad Valenciana. Los números hacen referencia al LIC que aparecen en la tabla 2.

Conclusiones

*El estado de amenaza de algunas de las poblaciones de *Taxus baccata* en la Comunidad Valenciana aconseja la ejecución de una estrategia de conservación activa y directa sobre la especie y su hábitat.

*Los trabajos de producción e introducción de ejemplares de tejo en los diferentes enclaves valencianos ha permitido mejorar el estado de conservación del hábitat prioritario 9580 (Bosques de *Taxus baccata*) en la red Natura 2000 en la Comunidad Valenciana. Estos trabajos parten de la caracterización previa de las tejedas valencianas y de la conservación de su germoplasma según un preciso programa y estrategia de gestión.

Resultados

En total han sido objeto de trabajo 17 poblaciones, 10 en la provincia de Valencia, 6 en Alicante y 1 en Castellón. El número de ejemplares introducidos es 537, repartidos en 391 en la provincia de Valencia, 128 en Alicante y 18 en Castellón (Tablas 1 y 2). El espacio natural protegido donde se han realizado un mayor número de plantaciones es el Parque Natural de Chera-Sot de Chera, con 228 ejemplares introducidos, a los que se suman los plantados en las microrreservas de flora La Puerca, con 18 tejos y Pico Ropé, con 28 (ambos incluidos dentro de los límites del parque). En la provincia de Alicante, el mayor número de ejemplares se ha plantado en el Paisaje Protegido Puigcampana y el Ponotx, con un total de 44 tejos, a los que también hay que sumar los 18 individuos de la microrreserva de flora Pico del Puigcampana, que se localiza dentro de los límites de dicho espacio. Para la provincia de Castellón, se han plantado 18 ejemplares en la microrreserva Barranc dels Horts (Tablas 1 y 2)

En la actualidad la supervivencia de las plantas introducidas para el conjunto de los territorios donde se ha actuado es superior al 85%, no obstante se ha observado un alto porcentaje de marras en la MRF Umbria de la Fuente del Roser y MRF Penya de Benicadell, que son consecuencia de la falta de precipitaciones durante los meses de invierno y primavera del presente año 2014. Por otro lado, en algunas poblaciones, como por ejemplo MRF Pico Ropé, MRF La Puerca y MRF Pico del Puigcampana el porcentaje de supervivencia superior al 95%, debido en gran medida a los aportes suplementarios de agua que han venido haciéndose durante los años 2013 y 2014

*La supervivencia de los ejemplares plantados está condicionada por la selección de microambientes y trabajos silvícolas previos, entre los que cabe destacar la adecuación de la vegetación acompañante.

*El porcentaje de supervivencia aumenta considerablemente si se realizan aportes suplementarios de agua mediante riegos de apoyo durante las dos primeras anualidades.

Agradecimientos: A los compañeros del Centro para la Investigación y Experimentación Forestal de la Generalitat Valenciana, brigadas del Servicio de Vida Silvestre de Castellón, Valencia y Alicante, y personal del Parque Natural de Chera-Sot de Chera.



Unión Europea
Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural
Europa invierte en las zonas rurales

A New Variety of *Taxus brevifolia* from

Richard

World Botanical Associate

P.O. B

Bakersfield, CA

richspjut

Introduction

Taxus brevifolia Nutt (Pacific yew)—endemic to northwestern North American—is one of 24 species in the genus (Spjut 2007a, Spjut 2007b). It is distinguished by leaves having tall rectangular to quadrangular cells in cross section and stomata bands with 4–7 (–9) rows of stomata. *Taxus globosa*, a closely related species found in Central America to Florida, differs by more stomata rows, 7–11 rows per stomata band (Spjut 2007a, Spjut 2007b).

Three varieties of *Taxus brevifolia* have been recognized (Spjut (2007a, 2007b). A fourth variety has since been discovered by the author while conducting field surveys for *Veratrum californicum* Durand (Melanthiaceae) in the western United States during Aug 2011. The distinguishing characteristics of the new variety are presented and contrasted with those of the other varieties.

Materials and Methods

The materials and methods include macroscopic and microscopic study of more than 1,000 herbarium specimens of the 24 *Taxus* species detailed in Spjut (2007a), another ~300 specimens of *T. brevifolia* in western North America herbaria (HSC, OSU, CPNWH), ~300 field photographs and ~100 voucher specimens obtained of the proposed new variety from 22 collection sites within a nine sq mile area. Leaf sections from 10 sites were examined under a microscope at 100–400× for key epidermal features that distinguish *Taxus brevifolia*.

The distinguishing features of the proposed new variety are defined in a dichotomous key to the four varieties of *Taxus brevifolia* and exhibited in the photographs.

Results

Key to the Varieties of *Taxus brevifolia*

1. Shrubs with main stems prostrate to ascending, usually layering, the clonal plants (ramets) in dense thickets, or widely separated, sometimes growing around base of other conifers; branches generally spreading in one direction from the main stem; Klamath Mts., east slopes of Cascade Ranges in Oregon and Washington, northern Rocky Mts., mostly 1,000–2,000 m (Fig. 1).....**var. reptaneta**



Fig. 1. *Taxus brevifolia* var. *reptaneta*, five ramets of a genet growing near base of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*). Observe the main stems appearing slanted and curving upwards in contrast to the ± erect trunk of Douglas fir. Observe the wind-swept appearance of the branches (lopsided branching), all spreading left. Idaho: North-central, Clearwater Natl. For., Road to Weippe off FR 100; 46°23.327, 115°50.676W, elev. 3,172 ft, in western red cedar forest, Spjut 16833, 25 July 2011.

Results (Continued)

- 1. Trees with erect or ascending stems; reproducing by seed, or vegetatively usually after the main stem falls, either from stump sprouts or from ground branches (layering), occurring solitarily or in clumps; branches spreading in all directions around a central bole (Fig. 2).....**2**



Fig. 2: *Taxus brevifolia* var. *brevifolia*, young tree growing next to Douglas fir. Observe erect stem and spiral branching, the branches spreading in all directions around the central stem. California: Siskiyou Mts., ~3 mi south of the Oregon State line along creek with Douglas fir, grand fir, big-leaf maple, incense cedar, 1,150 m. Richard Spjut & Susan Spjut 15802, 16 Sep 2004.

2. Boles of trees obscured by epicormic branches 1–2 m (Fig. 3, 4) and by branchlets <30 cm (Fig 5, 6), or in forest understory only epicormic buds evident, occurring regularly as depressions or knots in boles; plants growing in open areas with the appearance of topiary (self-pruning) with well-defined columnar to conical crowns (Fig. 3, 5, 9); leaves radial on erect branchlets (Fig. 4, 8), or on horizontal branchlets spreading along two sides at two levels, the dorsal leaves directed upwards, ventral leaves downwards (Fig. 6); pollen shoots abundant on terminal branchlets, shedding pollen during summer.....**var. nov.**



the Pacific Northwest of North America

W Spjut

es (www.worldbotanical.com)

ox 81145

93380-1145, USA

@gmail.com

Results (Continued)



Fig. 3–6. *Taxus brevifolia* var. nov. Fig. 3–4: Tree 3–4 m high with conical crown (Fig. 3). Epicormic branches 1–2 m long (Fig. 4) with pollen shoots occurring regularly in axils of leaves on terminal leafy branchlets, 02 Aug 2011. Observe radial disposition of leaves similar to *T. caespitosa*. Fig. 5–6: Columnar tree ~10 m tall. Old snags are dead sequential branches, the dark green is epicormic branches (Fig. 5). The lighter green are short epicormic branchlets (Fig. 6). In between the green branchlets—is the bole—completely covered by the dead branchlets and needles. Eastern margin of Klamath Mts. Region, Oregon, 20 Aug 2014.



Fig. 7–8. Fig. 7: *Taxus brevifolia* var. nov., understory tree with regular occurring knot-like epicormic buds. Fig. 8: Leaves on horizontal to ascending branchlets with blue-green color, spreading in all directions on upper branchlets, mostly horizontal on lower branchlets. Location and date same as Fig 5–6.



Fig. 9: *Taxus brevifolia* var. nov. Topiary yew parkland. Location and date same as Fig 5–6. Taller trees in immediate background are mostly white fir (*Abies concolor*). This self-pruning (topiary) appearance to my knowledge has not been previously reported for *T. brevifolia*.

Results (Continued)

- 2. Boles of trees near forest margins or in open areas not obscured by epicormic shoots, the branches often much divided; crowns usually not columnar, leaves usually in a single plane in two-ranks; pollen shoots solitary or in small clusters on 1st and/or 2nd yr branchlets, deciduous before August.....3
- 3. Ovular shoots 2–5 on cylindrical primary shoots, 3–5 (–8) mm, scales of primary shoot imbricate in 4–6 (–8) series (Fig. 10–11)..... var. *polychaeta*



Fig. 10–11. *Taxus brevifolia* var. *polychaeta*, Sonoma County, California. Fig. 10: Two ovuliferous shoots on a branchlet, one consisting of two well developed subterminal ovular shoots, one with aril, a third near base apparently aborted development. The dark brown scales—imbricate in 8 series—belong to the primary shoot. The ovular shoots have few greenish scales, not clearly decussate. Fig. 11: Ovuliferous shoot consisting of a chain of 5 ovular shoots from end of a short cylindrical primary shoot with imbricate scales in 5 series. Ovular shoot scales scarcely developed. Photo for Fig. 10 by Peter Baye.

- 3. Ovular shoots usually one, occasionally two, funnelliform, on short primary shoots, 0.5–1 (–2) mm, scales of the primary shoot 2–3 seriate (Fig. 12); widespread, Pacific Northwest..... var. *brevifolia*



Fig. 12. *Taxus brevifolia* var. *brevifolia*. Funnelform ovuliferous shoot and detached seed, the ovular shoot more conspicuous than primary shoot by the large decussate arranged scales. Washington: Thurston Co., Barclay 1645, Aug 1962, voucher specimen for bark sample that led to the discovery of taxol.

Discussion and Conclusions

The proposed new variety of *Taxus brevifolia* occurs in the eastern part of Klamath Mountains Region, an area exceptionally rich in conifer species. It is associated with open canopy forests of ponderosa pine, western white pine, Douglas fir, and white fir. Secondary growth includes manzanita (*Arctostaphylos patula*) and wax currant (*Ribes cereum*) among other shrubs, grasses, and forbs. Variety *brevifolia* is also present as a smaller tree, 3–4 m high, in the closed canopy forest primarily of Douglas fir. The wide range in variation in leaf color and leaf arrangement might be due to hybridization and introgression.

It is proposed that the new variety be formally named based on the unusual development of epicormic shoots that give the plant a topiary (self-pruning) appearance of conical to columnar trees, and by pollen shedding during the mid summer.

References

- Spjut RW, 2007. (A). A phylogeographical analysis of *Taxus* (Taxaceae) based on leaf anatomical characters. (B). Taxonomy and nomenclature of *Taxus*. J. Bot. Res. Inst. Texas 1: 203–289, 291–332. See also www.worldbotanical.com for more images and discussion.



GALLERY

GALLERY



Gallery

INAUGURAL SPEECH



BLOC 1. ECOLOGY AND BIOGEOGRAPHY





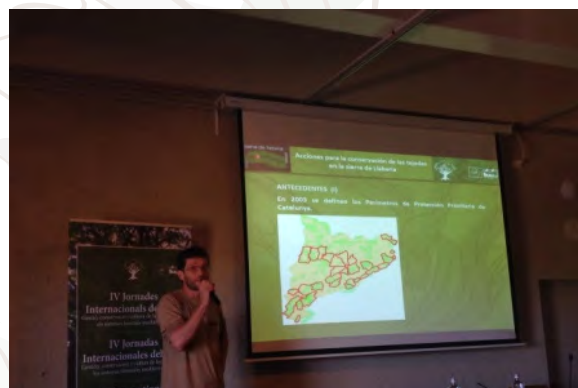
INAUGURAL CEREMONY





BLOC 2. MANAGEMENT AND PRESERVATION





BLOC 3. APPLICATIONS AND CULTURE OF THE YEW TREE





ROUND TABLE



FIELD VISIT





VISIT OF THE MONASTERY OF POBLET

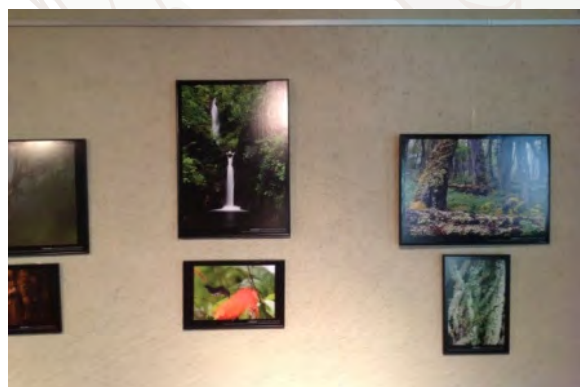
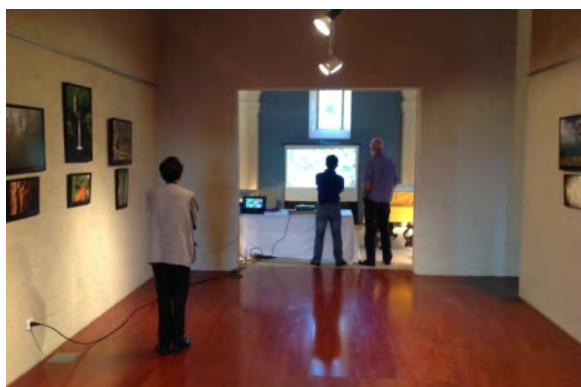
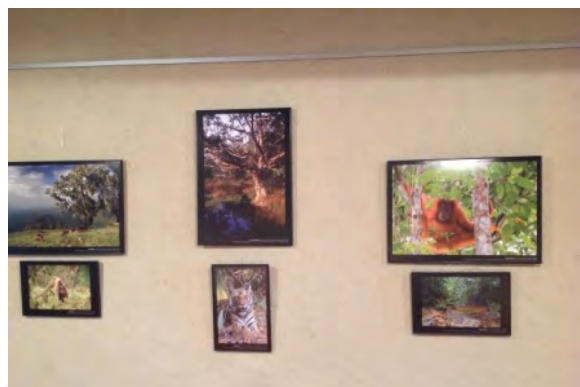




POSTERS



EXHIBITION: "BOSCOS DEL MÓN, UN MÓN DE BOSCOS"



EXHIBITION: LIFE TAXUS PROJECT







CONCLUSIONS

CONCLUSIONS



Conclusions

IV INTERNATIONAL YEW WORKSHOP

These conclusions are separated into four main thematic sections:

- Genetics and Physiology
- Ecology, distribution and dynamics
- Conservation
- Culture and spirituality

GENETICS AND PHYSIOLOGY

Genetic and palynological studies have done a great progress in recent years, which is leading to a much greater knowledge, opening new horizons in the population dynamics studies which have resulted in new information about colonization waves, races and genetic variability.

Genetic complexity

Europe has two main yew populations according to genetic testing, a set of western and oriental varieties. They probably diverged 1,1 to 1,2 Myr BP where they have been adapting to different climate regimes.

The genetic diversity of yew is very high, even in very close locations. This would explain why the yew was maintained as a relic in many places. Currently these populations with the declining of human pressure (less absence or presence of domestic and wild herbivores, fewer fires) are recovering, although the weather conditions are not optimal for propagation.

Sex determination

Researches on determination and sex change in *Taxus baccata* have been some of the highlights offered by this congress. It is noted the uncertainty genetic sex in embryos and how by the presence or absence of specific molecular markers can't know the sex of the individual in their first years of life before the first bloom.

Repeated observations of sex change in individual trees, have not allowed to reveal the reasons or mechanisms that controls this changes in yew, although it is believed that environmental factors and physiological responses must play an important role.

Physiological differences in behavior by sex

High temperatures don't appear to limit the growth of trees in the Iberian Peninsula, however low rainfall does. Especially when the deficit occurs in the months of May and June or in the autumn.

According to the studies females are more efficient on obtaining nutrients than males. However, under stress conditions (eg: drying) male trees live longer, probably because they do not have to store enough to produce seeds and fruit nutrients. Males are more sensitive to frost than females.

So under certain circumstances it might be better to be a male or female yew tree, if it had the choice of sex and the possibility of change.

Biochemistry and therapeutics

Knowledge about the effects of taxol and other active taxanes in the treatment of various cancers are still improving and increasing its spectrum of activity. One of the main problems is to obtain these active molecules. Because of the huge impact that exploitation has had on wild populations, they continue investigating new ways to obtain taxanes. For example there are studies about the possibility of obtaining cells that can generate yew taxol in vitro in laboratory cultures and in the last instance useful for market.

For the first time a new study has began to study the chemical composition of the sap as a source of new molecules with physiological and or therapeutic power.

ECOLOGY, DISTRIBUTION AND DYNAMICS

Research yew in the southern Mediterranean region has a particular interest because it is in a situation of climate limit. Concretely it's very interesting the distribution of the yew along the Catalan coastal mountain range and east of the Iberian Peninsula

Distribution and population dynamics

Field studies are still very important to know the real knowledge of the populations and its problems. In this congress there have been several studies that significantly increase knowledge of the presence and distribution of yew in different

geographical areas, both in the Iberian Peninsula and Europe, but also in Asia, America and Africa. This last one being of particular interest due to the presence of the species in Morocco, Algeria and Tunisia, where it is especially threatened.

Extensive field studies are required to know the reality of contingent population and the analysis of their population dynamics. Data that can totally change our concept of scarcity, threats and reproductive biology.

Archaeobotanical and ethnobotanical studies constitute a new field of research and of great interest to clarify the slippery area between reality, fiction and myth, where they move many of the claims about the yew. For the same reason is it very important for the archaeological work where the use of yew is described (Holocene deposits in Spain).

Seed dispersal

Blackbirds and thrushes seem to be primarily seed dispersers of the yew, at least in the Atlantic environments. Thrushes distribution varies from year to year due to a greater or lesser abundance of their food sources such as holly, hawthorn, rowan, whitebeam and yew. The greater or lesser presence of these fruit-producing species in a given place and its alternation (especially holly and the yew himself), along with the concentration of thrushes have a direct influence on the degree of effectiveness of the dispersion shuffleboard. Affecting the volume of transported seeds and scope of that dispersion, effects that can be seen more clearly in open areas of pasture and woodland areas in tighter scrub.

The germination of seedlings is much greater from seeds taken directly from the tree instead of the ground, which would reduce the effectiveness of transport mammals and rodents. But also seeds that have passed through the stomach of birds, have a particularly high rate of survival compared to untreated seeds.

There are also mixed systems of seed dispersal, most active in Mediterranean environments where the yew takes a phreatophyte behaviour, so that the hydrochory acquires a relevant role, surpassing the efficiency of transport by zoochory. The particular cases of female yew located at the headwaters of the streams seem to become important elements for dispersion. Due to the effect of hydrochory downstream within each valley and the effect of the zoochory dependent of birds, which play their most significant role in the transport of seeds to other valleys and other waterways, thereby facilitating genetic exchange between neighbouring subpopulations.

CONSERVATION

Causes of the decline

The human uses, exploitation and grazing are some of the elements that are usually designated as responsible for the decline of yew populations, but some limitations derived from their own biology seem to be closely related to this decline:

Deciduous trees and their few competitive capabilities could be among the factors leading to population reduction, since only part of individuals produces seeds. Furthermore their production requires more effort, thus being female trees the most demanding in moisture and soil fertility.

Moreover paleobotanists studies seem to show the competitive weakness of the specie, which only reaches significant growth rates in times of absence of other shade tolerant species (interglacial periods) or habitat without fast-growing species.

Climate change

For its unique characteristics and autoecology the yew is revealed as a very important in studies of climate change and global warming species. Being a species climatic requirements defined but also with a great ecological amplitude, monitoring the evolution of their populations is very important and of great interest.

The modelling of the evolution of yew in Europe according the projections of climate change, with the added difficulty of having a long life, made very difficult to predict the yew future. The previsions indicate a process of reducing its current range, mainly in its northern limits (Scandinavia) and in particular in the Mediterranean region (North Africa and south of the Iberian Peninsula) but also with maintaining and even increasing their effective in those specific areas where it finds favourable soil and environmental conditions or absence of competition (accordion theory).

Particular aspects of these effects are the consequences of climate change on the ancient yew. While climate models estimate that climate zones will come to move 500 kilometres to the north, we can ask whether the yews are going to spread naturally into northern Europe at the rate of climate change, but otherwise will reflect on what will happen to the trees that have survived hundreds or even thousands of years in one place.

Forest management

The main threats to the yew are: competition from other species, overgrazing, improper forest management, geographic isolation, disease, fire and climate change.

The dense shade is not good for the yew. The species can succeed on stony ground just because their competitors can't live there. Some forests could be managed for yew, maintaining levels of competition for light so that yew can survive.

The yew are biomarkers of high environmental quality, however it is one of the most threatened priority habitats in large part of its range, as a consequence of the yew regression induced by direct and indirect human activity.

In the Mediterranean, in yew populations it's common to observe that the dynamics have slowed down, processes of decline, collapse and fragmentation. All this facts indicates an extinction debt.

Given the scale of distribution of the genus *Taxus* and different ecological behaviours, one can suggest the existence of different conservation strategies involving separate action lines (even antagonistic for the different biogeographic zones) in order to achieve a common goal of conservation.

In some regions there are developing passive conservation plans, programs that promote the "no intervention", or the

promotion of a low intervention of the forest with respect to the ecosystem, and attached to herbivory exclusion phases.

However in many others the occurrence of climatic disturbances and environmental restrictions require active programs in ex situ conservation of genetic resources and actions to improve the quality and structure of the habitat necessary to prevent the imminent extinction local or regional management.

Public use

There are different points of views about the diffusion and divulgation of locations of yew trees. One on hand there is the interest for ecotourism while on the other there are the threats that this kind of activity generate to the conservation of yew. To protect a species or a place, people have to appreciate its value and be aware of what they represent. The desire is to encourage people to know and appreciate them by spending time in the woods. However some forms of human activity end being destructive.

There are different trendy ways of using the forest (visits, hugging trees, therapies or other forms of tourism, usually practiced by people unfamiliar with the ecology and the trees themselves.

Dissemination and promotion of these places is not necessary or desirable. Instead the yews grown in parks, gardens or near historic buildings can be a great educational tool. There are easily accessible and scattered throughout the country, well managed they can be very interesting. Internet has allowed that many people can discover the locations of the larger or older trees, regardless of administrations and local tourism offices promote it or not. The information that these entities located in these places does not seem to be effective, with parking restrictions and vehicle access limitations, when in general these measures are shown as more efficient.

The photos of large groups of walkers and mountaineers clubs, cyclists and even motorcyclists around these large trees abound in social networks. The accumulation of garbage and especially compaction and loss of soil and roots, constitutes a conflict rapidly increasing, leading to a complex problem with difficult solutions that make it necessary to establish a serious dialogue between all sectors involved to find valid solutions.

Culture and spirituality

The studies concerning the yew always go beyond science and biology. Even some authors have traditionally been combined spirituality, awareness of these trees and nature in general.

Highlighting in this regard the presentation-concert of Fred Hageneder and the intervention of Andy McGeene, British authors who are dedicated to these issues and it was an honour to host in this congress.

Conclusions

DE LES IV JORNADES INTERNACIONALS DEL TEIX

Es separen aquestes conclusions en quatre blocs temàtics principals:

- Genètica i Fisiologia
- Ecologia, distribució i dinàmica
- Conservació
- Cultura i espiritualitat

GENÈTICA I FISIOLOGIA

Els estudis genètics i palinològics han experimentat un gran avenç en els últims anys, fet que ens està portant a un coneixement molt més gran, obrint nous horitzons en els estudis d'evolució de les poblacions, que ens han mostrat onades de colonització, així com races i variabilitat genètica.

Complexitat Genètica

Europa té dues poblacions principals de teixos en base a les proves genètiques. Un conjunt de varietats occidental i un altre oriental, que probablement van divergir aproximadament 1,1-1,2 Myr BP, des d'on han vingut adaptant-se a diferents règims climàtics.

La diversitat genètica del teix és molt alta, fins i tot en ubicacions molt pròximes, això explicaria el per què el teix s'ha mantingut relict en molts llocs i ara es regenera quan la pressió antròpica es redueix (absència o menor presència d'herbívors domèstics i salvatges, menor quantitat d'incendis) tot i que les condicions meteorològiques no siguin les més adequades per a la seva propagació.

Determinació del sexe

Les investigacions sobre determinació i canvi de sexe en *Taxus baccata* han estat algunes de les novetats ofertes per aquest congrés. Així es constata, d'una banda la indefinició genètica del sexe en els embrions i d'altra banda, com mitjançant la presència o absència de determinats marcadors moleculars tampoc es pot conèixer el sexe de l'individu en els seus primers anys de vida, abans de la primera floració.

Conseqüència de les repetides observacions de canvi de sexe en arbres individuals, encara no s'ha pogut desentranyar les raons ni els mecanismes pels quals els teixos de vegades fan això, tot i que s'apunta cap a condicionants ambientals i respostes fisiològiques.

Diferències fisiològiques en el comportament segons el sexe

Les altes temperatures no semblen limitar el creixement d'arbres a la Península Ibèrica. La baixa precipitació, però, sí que ho fa, sobretot quan el dèficit es produeix en els mesos de maig i juny o en la tardor.

Resulta de la investigació que les femelles són més eficients

en l'obtenció de nutrients que els mascles. No obstant això, sota condicions d'estrès, com per exemple la dessecació, els arbres mascles viuen més temps, probablement a causa de que no han d'emmagatzemar nutrients suficients per produir llavors i fruits. Els mascles són però més sensibles a les gelades que les femelles.

Així que sota determinades circumstàncies potser seria millor ser un teix femení -o masculí- si l'arbre tingués l'opció de triar sexe i la possibilitat de canviar-lo.

Bioquímica i terapèutica

El coneixement sobre els efectes del taxol i altres taxans actius en els tractaments de diferents tipus de càncer segueixen millorant i augmentant el seu espectre d'activitat. Davant d'això les dificultats per a l'obtenció d'aquestes molècules actives segueix sent una de les seves principals problemàtiques i donat l'enorme impacte que l'explotació ha tingut sobre les poblacions silvestres, segueixen investigant noves formes d'obtenció, entre elles la possibilitat d'obtenir cèl·lules de teix que puguin generar taxol en cultius in vitro en laboratori i en última instància útils per al mercat.

També es comença per primera vegada a estudiar la composició química de la saba com a font de noves molècules amb poder fisiològic i/o terapèutic.

ECOLOGIA, DISTRIBUCIÓ I DINÀMICA

Gran importància tenen els estudis del teix i teixedes en l'àmbit mediterrani meridional, on es troba en una situació de límit climàtic. És especialment considerable l'interès de la seva distribució al llarg de la serralada costanera catalana i llewantina de la península Ibèrica.

Distribució i dinàmica de poblacions

Els estudis de camp segueixen sent molt importants per al coneixement real de les poblacions i la seva problemàtica. En aquestes jornades s'han presentat diversos treballs que augmenten notablement el coneixement de la presència i distribució del teix en diferents àrees geogràfiques, tant a la península ibèrica com a Europa, però també en altres àrees geogràfiques asiàtiques i americanes, tenint especial interès la presència africana de l'espècie al Marroc, Algèria i Tunísia, on es troba especialment amenaçada. Calen estudis exhaustius de camp per conèixer la realitat dels contingents de població i l'anàlisi de les seves dinàmiques poblacionals, dades que canvien totalment la nostra concepció d'escassetat, amenaces i biologia reproductiva.

Els estudis arqueobotànics i etnobotànics constitueixen un camp d'investigació nou i de gran interès per aclarir el rel·liscós camp entre la realitat, la ficció i el mite, en què es mouen moltes de les afirmacions sobre el teix. Així són els treballs arqueològics en els quals es descriu la utilització de fusta de teix en jaciments holocens espanyols.

Dispersió de llavors

Els tords semblen ser els principals dispersors de les llavors del teix, almenys en els ambients atlàntics. La distribució dels tords varia any rere any i donat que les principals fonts d'aliment per a aquestes aus són grèvols, arços i moixeres -a més dels propis teixos- la major o menor presència d'espècies productores de fruita en un lloc determinat i la seva alternança de producció i especialment la del grèvol i la del propi teix, juntament amb la concentració de tords, tenen un reflex directe en la major o menor eficàcia de la dispersió del teix, tant en volum de llavors transportades com en l'abast d'aquesta dispersió, efectes que s'aprecien més clarament en àrees obertes de pastures i matollar que a les zones d'arbrat més tancat.

La germinació de les plàntules és molt més gran a partir de llavors preses directament de l'arbre en lloc de la terra, el que reduiria l'efectivitat del transport per mamífers i rosegadors. Però a més, les llavors que han passat per l'estómac de les aus, tenen una taxa particularment alta de supervivència en comparació amb llavors no tractades. També es descriuen sistemes mixtes de dispersió de les llavors, més actius en els ambients mediterranis en els quals el teix adopta un comportament freatófil, de manera que la hidrocoria adquireix un paper rellevant, superant l'eficàcia del transport per zoocoria. El cas particular dels teixos femenins situats a les capçaleres de les rieres semblen constituir-se en elements importants per a la dispersió, tant per efecte de la hidrocoria aigües avall dins de cada vall, com per la zoocoria dependent de les aus, que jugaria el seu paper més significatiu en el transport de les llavors a altres valls i altres cursos d'aigua, afavorint amb això l'intercanvi genètic entre subpoblacions pròximes.

CONSERVACIÓ

Causes del declivi

L'explotació, l'aprofitament humà, i l'herbivoria són alguns dels elements que habitualment s'assenyalen com a responsables del declivi de les poblacions de teix, però algunes limitacions derivades de la seva pròpia biologia semblen molt relacionades amb aquest declivi:

La dioècia i les seves escasses capacitats competitives podrien estar entre els factors que propicien la reducció poblacional, atès que només una part dels individus produeix llavors, la producció necessita més esforç sent per això els arbres femenins més exigents en humitat i fertilitat del sòl.

D'altra banda els estudis paleobotànics semblen mostrar la debilitat competitiva de l'espècie que només arriba taxes importants d'expansió en moments d'absència d'altres espècies tolerants a l'ombra (períodes interglacials) o en hàbitats sense espècies de ràpid creixement.

Canvi climàtic

Per les seves característiques singulars i l'autoecologia, el teix es revela com una espècie molt important en els estudis de canvi climàtic i escalfament global. En tractar-se d'una espècie amb requeriments climàtics definits però alhora amb una gran amplitud ecològica, el seguiment de

l'evolució de les seves poblacions és molt important i de gran interès.

L'aplicació de les previsions de canvi climàtic sobre l'evolució de les poblacions de teix a Europa, sent aquest el més llarg de tots els arbres europeus, són difícils de preveure, però apunten cap a un procés de reducció de la seva actual àrea de distribució, principalment en el seu límit nord (països escandinaus) i en particular a la regió mediterrània (nord d'Àfrica i sud de la península ibèrica) però alhora amb un manteniment i fins i tot augment dels seus efectius en aquelles àrees concretes on troba condicions edàfiques i ambientals favorables o absència de competició (teoria de l'acordió).

Un fet particular d'aquests efectes són les conseqüències del canvi climàtic sobre els teixos antics. Mentre que els models de canvi climàtic estimen que les zones climàtiques arribaran a moure's 500 quilòmetres cap al nord, podem preguntar-nos si els teixos podran propagar-se de forma natural cap al nord d'Europa al ritme del canvi climàtic, tot i que altra cosa serà reflexionar sobre el que succeirà amb els arbres que han perdurat centenars o fins i tot milers d'anys en un lloc determinat.

Gestió forestal

Les principals amenaces per al teix són: la competència d'altres espècies, pasturatge excessiu, maneig forestal inadequat, aïllament geogràfic, malalties, incendis i el canvi climàtic.

L'ombra densa no és bona per als teixos. L'espècie pot tenir èxit en pedregars només perquè els seus competidors no poden viure allà. Alguns boscos podrien ser administrats pel teix, mantenint els nivells de competència per la llum de manera que el teix pugui sobreviure.

Les teixedes són bioindicadors d'alta qualitat ambiental, i a la vegada un dels hàbitats prioritaris més amenaçats bona part de la seva distribució, devent en gran mesura la seva regressió a l'acció directa o indirecta de l'home.

És freqüent el cas de teixedes mediterrànies que han alentit la seva dinàmica, en què s'observen processos de declivi, col·lapse i fragmentació de les poblacions que apunten a un deute d'extinció de manera més que presumible.

Davant l'amplitud de distribució del gènere *Taxus* i els seus diferents comportaments ecològics, es pot pensar en l'existència de diferents estratègies de conservació que impliquin línies d'acció clarament diferenciada -fins i tot antagoniques entre zones biogeogràfiques diferents- per tal d'aconseguir un mateix objectiu de conservació.

En algunes regions, aquestes accions signifiquen el desenvolupament de plans passius de conservació, únicament amb programes de "no-intervenció" o, com a molt, a la promoció d'una silvicultura de baixa intervenció, respectuosa amb l'ecosistema, i unida a fases de exclusió d'herviboria.

En molts altres, però, l'aparició de perturbacions bioclimàtiques i restriccions ambientals exigeixen programes de conservació actius en la gestió ex situ de recursos genètics i les accions de millora de la qualitat i l'estructura de l'hàbitat, necessàries per a evitar la imminent extinció local o regional.

Ús públic

Es van contrastar diferents parers sobre la difusió i divulgació de localitzacions de teixos i les teixedes, del seu interès per l'ecoturisme i les amenaces que per la seva conservació plantegen aquestes activitats. Per protegir una espècie o un lloc les persones han d'apreciar el seu valor i ser conscients del que representen. D'aquí el desig d'animar a la gent a conèixer i apreciar els boscos passant temps en ells. No obstant això, algunes formes de l'activitat humana acaben sent destructives.

S'han posat de moda diferents formes de consum de boscos i grans arbres, visites, abraçades, teràpies ..., com una altra forma de turisme o fins i tot desafiament, practicat per persones generalment desconexades de l'ecologia i dels mateixos arbres.

No és necessària ni convenient la divulgació ni la promoció d'aquests llocs, en canvi la valorització dels teixos cultivats en parcs i jardins o dels grans teixos lligats a edificis històrics, de fàcil accés i dispersos per tota la geografia nacional, ben gestionada, constitueix una important eina educativa. Internet ha permès a un gran nombre de persones descobrir on hi ha els arbres més grans o més vells, independentment que les administracions i oficines de turisme local ho promoguin o no. La informació que aquestes entitats ubiquen en aquests llocs no sembla ser eficaç, sent les restriccions a l'estacionament i les limitacions d'accés de vehicles en general les mesures que es mostren com més eficients.

Les fotos de grans grups, clubs de senderistes i muntanyencs, ciclistes i fins i tot motoristes al voltant d'aquests grans arbres abunden a les xarxes socials. L'acumulació d'escombraries i sobretot de compactació o pèrdua de sòl i arrels constitueixen un conflicte en ràpid augment, donant lloc a un problema complex amb solucions difícils que fan necessari l'establiment d'un diàleg seriós entre tots els sectors implicats per trobar solucions vàlides.

Cultura i espiritualitat

Els estudis en relació amb el teix sempre van més enllà de la ciència i la biologia com tradicionalment han sostingut alguns autors, que uneixen fins i tot l'espiritualitat i la presa de consciència amb aquests arbres i amb la natura en general. En aquest sentit han destacat la ponència-concert de Fred Hageneder i la intervenció d'Andy McGeene, autors anglesos que es dediquen a aquests temes i als quals va ser un honor acollir en aquest congrés.

Conclusiones

DE LAS IV JORNADAS INTERNACIONALES DEL TEJO

Se separan estas conclusiones en cuatro bloques temáticos principales:

- Genética y Fisiología
- Ecología, distribución y dinámica
- Conservación
- Cultura y espiritualidad

GENÉTICA Y FISIOLÓGÍA

Los estudios genéticos y palinológicos han experimentado un gran avance en los últimos años lo que nos está llevando a un conocimiento mucho mayor, abriendo nuevos horizontes en los estudios de evolución de poblaciones, que nos han mostrado oleadas de colonización, así como razas y variabilidad genética.

Complejidad Genética

Europa tiene dos poblaciones principales de tejos en base a las pruebas genéticas. Un conjunto de variedades occidental y otro oriental, que probablemente divergieron aproximadamente 1,1 a 1,2 Myr BP desde donde han venido adaptándose a diferentes regímenes climáticos.

La diversidad genética del tejo es muy alta, incluso en ubicaciones muy próximas, ello explicaría el por qué el tejo se ha mantenido relicto en muchos lugares y ahora se regenera en cuanto la presión antrópica se reduce (ausencia o menor presencia de herbívoros domésticos y salvajes, menor cantidad de incendios) aunque las condiciones meteorológicas no sean las más adecuadas para su propagación.

Determinación del sexo

Las investigaciones sobre determinación y cambio de sexo en *Taxus baccata* han sido algunas de las novedades ofrecidas por este congreso. Así se constata, por una parte la indefinición genética del sexo en los embriones y por otra parte, cómo mediante la presencia o ausencia de determinados marcadores moleculares tampoco se puede conocer el sexo del individuo en sus primeros años de vida, antes de la primera floración.

Consecuencia de las repetidas observaciones de cambio de sexo en árboles individuales, aún no se ha podido desentrañar las razones ni los mecanismos por las que los tejos a veces hacen esto, aunque se apunta hacia condicionantes ambientales y respuestas fisiológicas.

Diferencias fisiológicas en el comportamiento según sexo

Las altas temperaturas no parecen limitar el crecimiento de árboles en la Península Ibérica. La baja precipitación, sin embargo sí lo hace, sobre todo cuando el déficit se produce en los meses de mayo y junio o en el otoño.

Resulta de la investigación que las hembras son más eficientes en la obtención de nutrientes que los machos.

Sin embargo, bajo condiciones de estrés, por ejemplo, la desecación, los árboles machos viven más tiempo, probablemente debido a que no tienen que almacenar nutrientes suficientes para producir semillas y frutos. Los machos son sin embargo más sensibles a las heladas que las hembras.

Así que bajo determinadas circunstancias tal vez sería mejor ser un tejo femenino -o masculino- si el árbol tuviese la opción de elegir sexo y la posibilidad de cambiarlo.

Bioquímica y terapéutica

El conocimiento sobre los efectos del taxol y otros taxanos activos en los tratamientos de distintos tipos de cáncer siguen mejorando y aumentando su espectro de actividad. Frente a esto las dificultades para la obtención de estas moléculas activas sigue siendo una de sus principales problemáticas y dado el enorme impacto que la explotación ha tenido sobre las poblaciones silvestres, siguen investigándose nuevas formas de obtención, entre ellas la posibilidad de obtener células de tejo que puedan generar taxol en cultivos in vitro en laboratorio y en última instancia útiles para el mercado.

También se empieza por primera vez a estudiar la composición química de la savia como fuente de nuevas moléculas con poder fisiológico y/o terapéutico.

ECOLOGÍA DISTRIBUCIÓN Y DINÁMICA

Gran importancia tienen los estudios del tejo y tejadas en el ámbito mediterráneo meridional, donde se encuentra en una situación de límite climático. Es especialmente considerable el interés de su distribución a lo largo de la cordillera costera catalana y levantina de la península Ibérica.

Distribución y dinámica de poblaciones

Los estudios de campo siguen siendo muy importantes para el conocimiento real de las poblaciones y su problemática. En estas jornadas se han presentado diversos trabajos que aumentan notablemente el conocimiento de la presencia y distribución del tejo en distintas áreas geográficas, tanto en la península ibérica como en Europa, pero también en otras áreas geográficas asiáticas y americanas, teniendo especial interés la presencia africana de la especie en Marruecos, Argelia y Túnez, donde se encuentra especialmente amenazada.

Se requieren estudios exhaustivos de campo para conocer la realidad de los contingentes de población y el análisis de sus dinámicas poblacionales, datos que cambian totalmente nuestra concepción de escasez, amenazas y biología reproductiva.

Los estudios arqueobotánicos y etnobotánicos constituyen un campo de investigación nuevo y de sumo interés para clarificar el resbaladizo campo entre la realidad, la ficción y el mito, en que se mueven muchas de las afirmaciones sobre el tejo. Así los trabajos arqueológicos en los que se describe la utilización de madera de tejo en yacimientos holocenos españoles.

Dispersión de semillas

Tordos y zorzales parecen ser los principales dispersores de las semillas del tejo, al menos en los ambientes atlánticos. La distribución de los zorzales varía de año en año y dado que las principales fuentes de alimento para estas aves son acebos, espinos, serbales y mostajos -además de los propios tejos- la mayor o menor presencia de especies productoras de fruta en un lugar determinado y su vecería y especialmente la del acebo y la del propio tejo, junto con la concentración de zorzales tienen un reflejo directo en la mayor o menor eficacia de la dispersión del tejo, tanto en volumen de semillas transportadas como en el alcance de dicha dispersión, efectos que se aprecian más claramente en áreas abiertas de pastos y matorral que en las zonas de arbolado más cerrado.

La germinación de las plántulas es mucho mayor a partir de semillas tomadas directamente del árbol en lugar de la tierra, lo que reduciría la efectividad del transporte por mamíferos y roedores. Pero además, las semillas que han pasado por el estómago de las aves, tienen una tasa particularmente alta de supervivencia en comparación con semillas no tratadas.

También se describen sistemas mixtos de dispersión de las semillas, más activos en los ambientes mediterráneos en los que el tejo adopta un comportamiento freatófilo, de forma que la hidrocoria adquiere un papel relevante, superando la eficacia del transporte por zoocoria. El caso particular de los tejos femeninos situados en las cabeceras de los arroyos parecen constituirse en elementos importantes para la dispersión, tanto por efecto de la hidrocoria aguas abajo dentro de cada valle, como por la zoocoria dependiente de las aves, que jugaría su papel más significativo en el transporte de las semillas a otros valles y otros cursos de agua, favoreciendo con ello el intercambio genético entre subpoblaciones próximas.

CONSERVACIÓN

Causas del declive

La explotación y aprovechamiento humano, la herbivoría son algunos de los elementos que habitualmente se señalan como responsables del declive de las poblaciones de tejo, pero algunas limitaciones derivadas de su propia biología parecen muy relacionadas con este declive:

La dioecia y sus escasas capacidades competitivas podrían estar entre los factores que propician la reducción poblacional, dado que solo una parte de los individuos produce semillas, cuya producción necesita mayor esfuerzo siendo por ello los árboles femeninos más exigentes en humedad y fertilidad del suelo.

Por otra parte los estudios paleobotánicos parecen mostrar la debilidad competitiva de la especie que solo alcanza tasas importes de expansión en momentos de ausencia de otras especies tolerantes a la sombra (periodos interglaciares) o en hábitats sin especies de rápido crecimiento.

Cambio climático

Por sus características singulares y autoecología el

tejo se revela como una especie muy importante en los estudios de cambio climático y calentamiento global. Al tratarse de una especie con requerimientos climáticos definidos pero a la vez con una gran amplitud ecológica, el seguimiento de la evolución de sus poblaciones es muy importante y de gran interés.

La aplicación de las previsiones de cambio climático sobre la evolución de las poblaciones de tejo en Europa, siendo éste además el más longevo de todos los árboles europeos, son difíciles de prever, pero apuntan hacia un proceso de reducción de su actual área de distribución, principalmente en su límites norte (países escandinavos) y en particular en la región mediterránea (norte de África y sur de la península ibérica) pero a la vez con un mantenimiento e incluso aumento de sus efectivos en aquellas áreas concretas en donde encuentra condiciones edáficas y ambientales favorables o ausencia de competición (teoría del acordeón).

Una faceta particular de estos efectos son las consecuencias del cambio climático sobre los tejos antiguos. Mientras que los modelos de cambio climático estiman que las zonas climáticas llegarán a moverse 500 kilómetros hacia el norte, podemos preguntarnos si los tejos podrán propagarse de forma natural hacia el norte de Europa al ritmo del cambio climático, pero otra cosa será reflexionar sobre lo que sucederá con los árboles que han perdurado cientos o incluso miles de años en un lugar determinado.

Gestión forestal

Las principales amenazas para el tejo son: la competencia de otras especies, pastoreo excesivo, manejo forestal inadecuado, aislamiento geográfico, enfermedades, incendios y el cambio climático.

La sombra densa no es buena para los tejos. La especie puede tener éxito en pedregales sólo porque sus competidores no pueden vivir allí. Algunos bosques podrían ser administrados para el tejo, manteniendo los niveles de competencia por la luz de manera que el tejo pueda sobrevivir.

Bioindicadores de alta calidad ambiental las tejedas son sin embargo, uno de los hábitats prioritarios más amenazados en gran parte de su distribución, debiéndose en gran medida su regresión a la acción directa o indirecta del hombre.

Es frecuente el caso de tejedas mediterráneas que han ralentizado su dinámica, en las que se observan procesos de declive, colapso y fragmentación de las poblaciones que apuntan a una más que presumible deuda de extinción.

Ante la amplitud de distribución del género *Taxus* y sus distintos comportamientos ecológicos, se puede pensar en la existencia de diferentes estrategias de conservación que impliquen líneas de acción claramente diferenciada -incluso antagónicas entre zonas biogeográficas diferentes- con el fin de lograr un mismo objetivo de conservación.

En algunas regiones, estas acciones significan el desarrollo de planes pasivos de conservación, únicamente

con programas de “no-intervención” o, a lo sumo, a la promoción de una silvicultura de baja intervención, respetuosa con el ecosistema, y unida a fases de exclusión de herbivoría.

En muchos otros, sin embargo, la aparición de perturbaciones bioclimáticas y restricciones ambientales exigen programas de conservación activos en la gestión ex situ de recursos genéticos y las acciones de mejora de la calidad y la estructura del hábitat, necesarias para evitar la inminente extinción local o regional.

intervención de Andy McGeene, autores ingleses que se dedican a estos temas y a los que fue un honor acoger en este congreso.

Uso público

Se contrastaron distintos pareceres sobre la difusión y divulgación de localizaciones de tejos y las tejedas, de su interés para el ecoturismo y las amenazas que para su conservación plantean estas actividades. Para proteger una especie o un lugar las personas han de apreciar su valor y ser conscientes de lo que representan. De ahí el deseo de animar a la gente a conocer y apreciar los bosques pasando tiempo en ellos. Sin embargo, algunas formas de la actividad humana acaban siendo destructivas.

Se han puesto de moda distintas formas de consumo de bosques y grandes árboles, visitas, abrazos, terapias..., como otra forma de turismo o incluso desafío, practicado por personas generalmente desconocedoras de la ecología y de los propios árboles.

No resulta necesaria ni conveniente la divulgación ni la promoción de estos lugares, en cambio la valorización de los tejos cultivados en parques y jardines o de los grandes tejos ligados a edificios históricos, de fácil acceso y dispersos por toda la geografía nacional, bien gestionada, constituye una importante herramienta educativa. Internet ha permitido a un gran número de personas descubrir donde están los árboles más grandes o más viejos, independientemente de que las administraciones y oficinas de turismo local lo promuevan o no. La información que dichas entidades ubican en estos lugares no parece ser eficaz, siendo las restricciones al estacionamiento y las limitaciones de acceso de vehículos en general las medidas que se muestran como más eficientes.

Las fotos de grandes grupos, clubs de senderistas y montañeros, ciclistas e incluso motoristas en torno a estos grandes árboles abundan en las redes sociales. La acumulación de basura y sobre todo de compactación o pérdida de suelo y raíces constituyen un conflicto en rápido aumento, dando lugar a un problema complejo con soluciones difíciles que hacen necesario el establecimiento de un diálogo serio entre todos los sectores implicados para encontrar soluciones válidas.

Cultura y espiritualidad

Los estudios en relación con el tejo siempre van más allá de la ciencia y la biología como tradicionalmente han sostenido algunos autores, que aúnan incluso la espiritualidad y la toma de conciencia con estos árboles y con la naturaleza en general. En este sentido han destacado la ponencia-concierto de Fred Hageneder y la



PROGRAM

PROGRAM



PROGRAMME

Thursday 23 October 2014

08:30-09:30	Welcoming reception and credential issuance
-------------	---

09:30 -10:45	KEYNOTE ADDRESSES
--------------	-------------------

Facing change: stabilizing mechanisms from the individual to the community

Adrian Escudero

Department of Biodiversity and Conservation, Rey Juan Carlos University, Madrid

European Yews and climate change

Peter Thomas

School of Life Sciences, Keele University, UK

10:45-11:15	COFFEE BREAK
-------------	--------------

11:15-13:30	Block 1. ECOLOGY AND BIOGEOGRAPHY
-------------	-----------------------------------

SPEECH

Yew regeneration in Cantabrian mountains: enlarging the approach through space, time and ecological complexity

Daniel García¹, Daniel Martínez¹, Jessica E. Lavabre²

¹Depto. de Biología de Organismos y Sistemas, Universidad de Oviedo, y Unidad Mixta de Investigación en Biodiversidad (UMIB, CSIC-UO-PA)..

²Grupo de Ecología Integradora, Estación Biológica de Doñana, CSIC. Sevilla

ORAL COMMUNICATIONS

E01- The influence of temperature and precipitation on the tree-ring width of *Taxus baccata* L. from Poland and western Ukraine

Anna Cedro

University of Szczecin, Faculty of Geosciences, Szczecin, Poland

12:00-12:30	OPENING CEREMONY AND TAXUS PLANTATION
-------------	---------------------------------------

ORAL COMMUNICATIONS

E02- The Yew matriarchy in the Sierra de Francia. Dynamics and ecology of the new populations known in the Central System

Pruden Fernández González., Fernández Morcuende,A., García Gomariz, E., Rodríguez Rivas, J., Sánchez Amador, E. & Vasco Encuentra, F.

Association "Amigos del Tejo y las Tejedas" (Friends of the Yew and Yew forests), Spain

E03- The history of *Taxus baccata* L. in the Wierzchlas (N Poland) on the basis on palynological research

Agnieszka Maria Noryskiewicz

Institute of Archaeology, Nicolaus Copernicus University, Torun, Poland

E04- Surviving to global change: dynamic of an isolated Silver fir stand in its southern distribution limit in the Iberian peninsula

Elisabet Martínez, Emilia Gutiérrez

Department of Ecology, Faculty of Biology, University of Barcelona, Spain

13:30-15:00	LUNCH
-------------	-------

15:00-17:00	Block 1. ECOLOGY AND BIOGEOGRAPHY
SPEECH	
Environmental heterogeneity, demography and adaptive variation in English Yew (<i>Taxus baccata</i> L.) Maria Mayol, Berganzo E, Burgarella C, González-Martínez SC, Grivet D, Vendramin GG, Vincenot L, Riba M <i>Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) Barcelona</i>	
ORAL COMMUNICATIONS	
E05- Delimitation of Yews along the Hindu Kush-Himalaya and Adjacent Regions, and Genetic Diversity and Demographical History of <i>Taxus contorta</i> in Pakistan Lian-Ming Gao¹, Ram C. Poudel^{1,2}, Michael Möller³, De-Zhu Li² ¹ Key Laboratory for Plant Diversity and Biogeography of East Asia, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, China. ² Plant Germplasm and Genomics Center, Germplasm Bank of Wild Species, Kunming, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming, China. ³ Royal Botanic Garden Edinburgh, Edinburgh, Scotland, United Kingdom	
E06 - Lichen diversity in Yew forests from Montseny Esteve Llop <i>Dpt. Biologia Vegetal, University of Barcelona, Spain</i>	
E07- Census and inventory of Yew (<i>Taxus baccata</i> L.) in the Alto Manzanares ravine Rubén Bernal González <i>Association "Amigos del Tejo y las Tejedas" (Friends of the Yew and Yew forests), Spain</i>	
E08- Yew (<i>Taxus baccata</i> L.) population distribution and size in the municipality of Ayala (Álava), north of Spain Enrique Arberas Mendibil & Inés Latorre García	
17:00-17:30	COFFEE BREAK
17:30-18:00	ORAL COMMUNICATIONS
E09- Structural features and conservation status of <i>Taxus baccata</i> on some forests of the Tellian Atlas Krouchi F.¹, Bouhamed A.¹, Hamidouche Ch.¹ Guechioud I.¹, Guellal A.¹, Benallaoua Kh.¹, Hocine F.¹, Abdelli D.¹, Ait-Ikene S.¹, Vessella F.² And Derridj A.¹ ¹ Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, (Algeria) ² AgroForestry, Nature and Energy Department (DAFNE), University of Tuscia, Viterbo, Italy	
E10- New addition for recognition of distribution of Yews (<i>Taxus baccata</i> L.) in Bosnia and Herzegovina Dalibor Ballian <i>Faculty of Forestry, University of Sarajevo, Bosnia and Herzegovina</i>	
18:15-19:00	SPEECH
Thirty years working on the Yew tree Emilio Blanco y Fernando Vasco <i>Association "Amigos del Tejo y las Tejedas" (Friends of the Yew and Yew forests), Spain</i>	
19:00-20:00	SPEECH
Yew and 'I' Impact of a tree species on the evolution of human consciousness Fred Hageneder <i>Ancient Yew Group, Friends of the Trees, Germany</i>	

Friday 24 October 2014

09:00-11:00

Block 2. MANAGEMENT AND PRESERVATION**SPEECH***Taxus baccata* declining. Whose fault - human or nature?**Grzegorz Iszkuło^{1,2}, Monika Dering¹, Emilia Pers-Kamczyc¹**¹Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences, Parkowa 5, 62-035 Kórnik, Poland. ²Faculty of Biological Sciences, University of Zielona Góra, Prof. Z. Szafrana 1, 65-516 Zielona Góra, Poland**ORAL COMMUNICATIONS****G01- Practical data for the conservation and restoration of Yew woods and their associated ecosystems****Xavier Garcia***Bioma Forestal, "Amigos del Tejo y las Tejedas" (Friends of the Yew and Yew forests), Spain***G02- Distribution and characterization of Yew forests in Catalonia****Antònia Caritat^{1,3}, Ana Rios¹, David Guixé¹, Jordi Camprodon^{1,2}, Pere Casals¹, Carme Casas², Victor Aguila³**¹Forest Sciences Centre of Catalonia (CTFC), ²University of Vic, ³University of Girona, Spain**G03- Life Taxus Project for the conservation of Yew and Yew forests in Catalonia****Jordi Camprodon^{1,2}, Pere Casals¹, Antònia Caritat^{1,3}, David Guixé¹, Ana Rios¹.**¹Forest Sciences Centre of Catalonia (CTFC), ²University of Vic, ³University of Girona, Spain**G04- Custody agreements for the conservation of Yew forests in the Sierra de Llaberia****Jarkov Reverte, Ricard Baques***Consortium for the Protection and Management of the Area of Natural Interest Serra de Llaberia, Spain*

11:00-11:30

COFFEE BREAK

11:30-13:30

ORAL COMMUNICATIONS**G05- Regression and progression dynamics in Yew (*Taxus baccata*) populations in Navarra, north Spain, in recent times****Oscar Schwendtner***Bioma Forestal, Navarra, Spain***G06- Wildfire prevention actions in remote areas****Ricard Baques***Consortium for the Protection and Management of the Area of Natural Interest Serra de Llaberia, Spain***G07- Yew forest's recovery in the Hocino's Gorge (Riba de Saelices, Guadalajara)****Maria Melero, Diana Colomina, Lourdes Hernández***WWF Spain***G08- Effect of two levels of fertilization on the quality of the *Taxus baccata* plant and its field response in different light environments****Juan L. Nicolás Peragón¹, Luis F. Benito Matías¹, Jaime Puértolas Simón²**¹Centro Nacional De Recursos Genéticos Forestales El Serranillo, Guadalajara²Lancaster Environment Centre, Lancaster University, Lancaster, La1 4yq, United Kingdom**G09- The Yew on the Internet: ecotourism threatens many wild Yew populations****Faustino González de Dios***Association "Amigos del Tejo y las Tejedas" (Friends of the Yew and Yew forests), Spain***G10- The key role of big Yews and old Yew forests in biodiversity conservation****César-Javier Palacios***Félix Rodríguez de la Fuente Foundation, Madrid, Spain*

11:00-11:30	COFFEE BREAK
11:30-13:30	ORAL COMMUNICATIONS

G05- Regression and progression dynamics in Yew (*Taxus baccata*) populations in Navarra, north Spain, in recent times

Oscar Schwendtner

Bioma Forestal, Navarra, Spain

G06- Wildfire prevention actions in remote areas

Ricard Baques

Consortium for the Protection and Management of the Area of Natural Interest Serra de Llaberia, Spain

G07- Yew forest's recovery in the Hocino's Gorge (Riba de Saelices, Guadalajara)

Maria Melero, Diana Colomina, Lourdes Hernández

WWF Spain

G08- Effect of two levels of fertilization on the quality of the *Taxus baccata* plant and its field response in different light environments

Juan L. Nicolás Peragón¹, Luis F. Benito Matías¹, Jaime Puértolas Simón²

¹Centro Nacional De Recursos Genéticos Forestales El Serranillo, Guadalajara

²Lancaster Environment Centre, Lancaster University, Lancaster, La1 4yq, United Kingdom

G09- The Yew on the Internet: ecotourism threatens many wild Yew populations

Faustino González de Dios

Association "Amigos del Tejo y las Tejedas" (Friends of the Yew and Yew forests), Spain

G10- The key role of big Yews and old Yew forests in biodiversity conservation

César-Javier Palacios

Félix Rodríguez de la Fuente Foundation, Madrid, Spain

13:30-15:00	LUNCH
15:00-17:00	Block 3. APPLICATIONS AND CULTURE OF THE YEW TREE

ORAL COMMUNICATIONS

AC1- Study of taxol contents and pharmacological activity of *Taxus globosa* and *Taxus baccata*

Lidia Osuna¹; Xavier García-Martí²; Elsa Ventura Zapata³; Javier López Uptón⁴, Alejandro Zamilpa¹, Manases González¹, Maribel Herrera-Ruiz¹, Nadia Tapia

¹CIBIS-IMSS, Xochitepec, Morelos. México; ²CIEF-València, España; ³CEPROBI-IPN, Yautepec, Morelos. México; ⁴Colegio de Postgraduados, Montecillos, Texcoco

AC2- Cell cultures of *Taxus* sp. as an alternative to Yew for the production of taxol and related taxanes

Karla Ramírez¹, Nadia Tapia², Lidia Osuna², Alejandro Zamilpa², Heriberto Vidal¹, Javier Palazon¹

¹Fisiología Vegetal. Facultad de Farmacia. Universidad de Barcelona

²Centro de Investigación Biomédica del Sur. Instituto Mexicano del Seguro Social. Argentina 1, Col. Centro. Xochitepec, Morelos (México).

AC3- Experience from the Toxicology Information Service related to toxic exposures to Yew

Fátima Ramón¹, Salomé Ballesteros¹, Fernando Vasco²

¹Servicio de Información Toxicológica del Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses, Madrid

²AATT Amigos del Tejo y las Tejedas

AC4- Production of taxoids in *in vitro* cultures of *Taxus globosa* callus and elicited cells

¹Soto-Hernandez M., ¹Barrales Cureño HJ., ²Ramos-Valdivia AC

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco Estado de Mexico ²Centro de Investigación y estudios Avanzados.

SPEECH

The first evidence of the use of Yew in Catalonia: wooden objects of La Draga**Raquel Piqué¹, Antoni Palomo¹, Xavier Terradas², Josep Tarrús³**¹ Departament de Prehistòria, Universitat Autònoma de Barcelona ² Departament de Arqueologia i Antropologia, Institució Milà i Fontanals, CSIC ³ Museu Arqueològic Comarcal de Banyoles

POSTERS

Block 1. ECOLOGY AND BIOGEOGRAPHY**P01- The Yew (*Taxus baccata*) in Morocco: a tree in regression in its southern distribution limit****Angel Romo¹, Adam Boratyński²**¹ Botanical Institute of Barcelona, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Barcelona² Polish Academy of Sciences, Institute of Dendrology, Kórnik, Poland.

Botanical Institute of Barcelona, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, IBB-CSIC-ICUB, Spain

P02- Preliminary studies on the molecular identification of sex in *Taxus baccata* L.**Marcin Zarek**

Faculty of Forestry, Agricultural University of Cracow, Poland

P03- Population dynamics in four populations of Florida Yew (*Taxus floridana*)**Ann M. Redmond¹ & Alice A. Winn²**¹Brown and Caldwell, Orlando, USA²Department of Biological Sciences, Florida State University, USA**P04- A new variety of *Taxus brevifolia* from the Pacific Northwest of North America****Richard Spjut**

World Botanical Associates, Inc., Bakersfield, USA

P05- Current situation of Yew forests in the Montes Aquilianos**Alonso, A.¹, Fernández-Manso, A.², Artime, I.³, Valbuena, L.¹**¹. Área de Ecología. Dept. Biodiversidad y Gestión Ambiental. Fac. CC. Biológicas y Ambientales. Universidad de León. 24071. León.².Área de Ingeniería y Ciencias Agrarias. Dept. Ingeniería Agroforestal. E.S.T.I.A. Universidad de León. Campus de Ponferrada. 24401 Ponferrada (León).³. Junta de Castilla y León. Ponferrada.**P06- Comparison of growth-climate relationship in two of the rarest trees in Poland: yew (*Taxus baccata* L.) and wild service tree (*Sorbus torminalis* L.)****Anna Cedro**

University of Szczecin, Faculty of Geosciences, Laboratory of Climatology and Marine Meteorology, Mickiewicza 16, 70-383 Szczecin, Poland

P07- *Taxus baccata*: cytogenetic and molecular study**Maria Paola Tomasino**

CNR, Institute of Biomembrane and Bioenergetics (IBBE), Italy

P08- Floristic characterization of yew communities**Jordi Capdevila, Carme Cases**

Grup BETA. Universitat de Vic

P09- Expected future changes in the distribution of *Taxus baccata* L. in Catalonia according to climate variation**Víctor Àguila¹, Antònia Caritat^{1,2}, Ana Rios², Pere Casals², David Guixé²**¹Universitat de Girona, ²Centre Tecnològic Forestal de Catalunya**P10- The sap of the yew****David Matarranz Fdez-Quintanilla**

Amigo de Amigos del Tejo y las Tejedas

Block 2. MANAGEMENT AND PRESERVATION

P11- Direct conservation of the priority habitat 9580 (Mediterranean *Taxus baccata* Woods) in the Natura 2000 network from the Valencian Community

Xavier G. Martí¹, P. Pablo Ferrer-Gallego^{1,2}, Inmaculada Ferrando^{1,2}, Josep E. Oltra^{1,2}, Emilio Laguna¹

¹ Centre for Forest Research and Experimentation (CIEF), Spain

² VAERSA Valencia, Spain

P12- Production of *Taxus baccata* seedlings to strengthen the populations in the main Yew woods in Catalonia

Ana I. Ríos¹, X. García-Martí^{1,2}, D. Guixé¹, P. Casals¹, A. Caritat¹, J. Camprodon¹

¹ Centre Tecnològic Forestal de Catalunya

² Bioma Forestal

P13- Water stress ($\delta^{13}\text{C}$) in *Taxus baccata* L. depends on canopy cover and basal area of the neighboring trees

Ana I. Ríos¹, V. Aguila², D. Guixé¹, J. Camprodon¹, A. Caritat^{1,2}, P. Casals¹

¹ Forest Sciences Centre of Catalonia (CEMFOR-CTFC)

² Universitat de Girona

P14- Richness and abundance of yew seed dispersers and predators in Catalonia

D. Guixé, Ana I. Ríos, J. Camprodon

Centre Tecnològic Forestal de Catalunya

Block 3. APPLICATIONS AND CULTURE OF THE YEW TREE

P09- Taxanes therapy advances

Fernando Vasco, Remigio Lozano

Association "Amigos del Tejo y las Tejedas" (Friends of the Yew and Yew forests), Spain

P10- The use of Yew at the ancient Neolithic Site of Camp del Colomer (Andorra)

Raquel Piqué¹, Abel Fortó², Alex Vidal²

¹ Department of Prehistory, Autonomous University of Barcelona, Spain

² Department of Heritage Property Protection, Cultural Heritage of Andorra

P11 – Environmental Education actions in the Serra de Llaberia

Silvia García López

Consortium of the Serra de Llaberia, Spain

P13- All about Yew: on the trail of *Taxus baccata* in sw europe by means of integrated archaeobotanical studies

Paloma Uzquiano Ollero

Distance Learning National University (UNED), Spain

PROGRAMA

Dijous 23 d'octubre de 2014

08:30-09:30 Recepció i lliurament de credencials

09:30-10:45 PONÈNCIES MARC

Enfrontant-se al canvi: mecanismes estabilitzadors des de l'individu a la comunitat**Adrian Escudero***Área de Biodiversidad y Conservación Universidad Rey Juan Carlos-Madrid***Els teixos i els canvi climàtic****Peter Thomas***School of Life Sciences Keele University- UK*

10:45-11:15 PAUSA CAFÈ

11:15-12:00 Bloc 1. ECOLOGIA I BIOGEOGRAFIA

PONÈNCIA

Regeneració del teix en les muntanes cantàbriques: ampliant l'enfoc a través de l'espai, el temps i la complexitat ecològica.**Daniel García¹, Daniel Martínez¹, Jessica E. Lavabre²**¹*Depto. de Biología de Organismos y Sistemas, Universidad de Oviedo, y Unidad Mixta de Investigación en Biodiversidad (UMIB, CSIC-UO-PA)..*²*Grupo de Ecología Integradora, Estación Biológica de Doñana, CSIC. Sevilla*

COMUNICACIONS ORALS

E01- La influencia de la temperatura i la precipitació en els anells de creixement de *Taxus baccata* L.de Polònia i Ucraïna occidental.**Anna Cedro***University of Szczecin, Faculty of Geosciences, Szczecin, Poland*

12:00-12:30 ACTE INAUGURAL / PLANTADA DEL TEIX

COMUNICACIONS ORALS

E02- Els Matriarcats del Teix en la Serra de França. Dinàmica i ecologia de les noves poblacions conegudes en el Sistema Central.

Pruden Fernández González., Fernández Morcuende,A., García Gomariz, E., Rodríguez Rivas, J., Sánchez Amador, E. & Vasco Encuentra, F.

Asociación Amigos del Tejo y las Tejedas. Spain

E03- La historia de *Taxus baccata* L. a Wierzchlas (N Poland) basada en la investigació dels registre palinològics.

Agnieszka Maria Noryskiewicz

Institute of Archaeology Nicolaus Copernicus University, Torun, Poland

E04- Sobrevivint al canvi global: dinàmica d'un avet aïllat en el límit meridional de la seva àrea de distribució en la Península Iberica.

Elisabet Martínez, Emilia Gutiérrez

Departament d'Ecologia. Facultat de Biologia. Universitat de Barcelona.

13:30-15:00

DINAR

15:00-17:00

Bloc 1. ECOLOGIA I BIOGEOGRAFÍA

PONÈNCIA

Condicions ambientals heterogènies, demografia i variació adaptativa del teix (*Taxus baccata* L.)

Maria Mayol, Berganzo E, Burgarella C, González-Martínez SC, Grivet D, Vendramin GG, Vincenot L, Riba M

Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) Barcelona

COMUNICACIONS ORALS

E05- Delimitació de les teixedes de Hindu Kush-Hilalaya i zones adjacents, diversitat genètica i història demogràfica de *Taxus contorta* a Pakistan.

Lian-Ming Gao¹, Ram C. Poudel^{1,2}, Michael Möller³, De-Zhu Li²

¹ Key Laboratory for Plant Diversity and Biogeography of East Asia, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, China. ² Plant Germplasm and Genomics Center, Germplasm Bank of Wild Species, Kunming, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming, China. ³ Royal Botanic Garden Edinburgh, Edinburgh, Scotland, United Kingdom

E06 – Diversitat de líquens en els boscos de teixos de Montseny

Esteve Llop

Dpt. Biologia Vegetal, Universitat de Barcelona

E07- Cens i inventari del teix (*Taxus baccata* L.) en el Barranc de l'Alt Manzanares (Espanya)

Rubén Bernal González

AATT Amigos del Tejo y las Tejedas. Spain

E08- Distribució i mida poblacional del teix (*Taxus baccata* L.) en el municipi d' Ayala (Álava), nord d'Espanya.

Enrique Arberas Mendibil, Inés Latorre García

17:00-17:30

PAUSA CAFÈ

17:30-18:00

COMUNICACIONS ORALS

E09- Característiques estructurals i estat de conservació de *Taxus baccata* en alguns boscos de l'Atlas Tellian.

Krouchi F.¹, Bouhamed A.¹, Hamidouche Ch.¹ Guechioud I.¹, Guellal A.¹, Benallaoua Kh.¹, Hocine F.¹, Abdelli D.¹, Ait-Ikene S.¹, Vessella F.² And Derridj A.¹

¹ Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, (Algeria)

² AgroForestry, Nature and Energy Department (DAFNE), University of Tuscia, Viterbo, Italy

E10- Nova aportació del reconeixement i la propagació del Teix (*Taxus baccata* L.) a Bòsnia i Hercegovina.

Dalibor Ballian

Faculty of Forestry, University of Sarajevo, Bosnia and Herzegovina

18:15-19:00

PONÈNCIA**Trenta anys treballant amb el teix**

Emilio Blanco, Fernando Vasco

AATT Asociación Amigos del Tejo y las Tejadas,

19:00-20:00

PONÈNCIA**El Teix i “jo” Impacte de les espècies dels arbres en l'evolució de la consciència humana.**

Fred Hageneder

Ancient Yew Group, Friends of the Trees

Divendres 24 d'octubre de 2014

09:00-11:00

Bloc 2. GESTIÓ I CONSERVACIÓ**PONÈNCIA****El declive de *Taxus baccata*. De qui és la culpa - humans o naturalesa?**

Grzegorz Iszkuło^{1,2}, Monika Dering¹, Emilia Pers-Kamczyc¹

¹ Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences, Parkowa 5, 62-035 Kórnik, Poland. ² Faculty of Biological Sciences, University of Zielona Góra, Prof. Z. Szafrana 1, 65-516 Zielona Góra, Poland

COMUNICACIONS ORALS

G01- Informació pràctica per a la conservació i restauració dels boscos de teix i els seus ecosistemes associats.

Xavier Garcia

Bioma Forestal. Amigos del Tejo y las Tejedas

G02 – Distribució i tipificació de les teixedes a Catalunya

Antònia Caritat^{1,3}; Ana Rios¹; David Guixé¹; Jordi Camprodon^{1,2}; Pere Casals¹; Carme Casas²; Victor Aguila³

¹Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC), ²Universitat de Vic, ³Universitat de Girona

G03- Projecte Life *Taxus* per a la conservació del teix i les teixedes a Catalunya

Jordi Camprodon^{1,2}; Pere Casals¹; Antònia Caritat^{1,3}; David Guixé¹; Ana Rios¹

¹Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC), ²Universitat de Vic, ³Universitat de Girona

G04- Acords de custòdia per a la conservació de les teixedes a la Serra de Llaberia

Jarkov Reverte, Ricard Baques

Consorci per la protecció i gestió de l'Espai d'Interés Natural de la Serra de Llaberia

11:00-11:30	PAUSA CAFÈ
11:30-13:30	COMUNICACIONS ORALS

G05- Dinàmica de regressió i progressió en les poblacions de teix (*Taxus baccata*) de Navarra, nord d'Espanya, en els últims temps.

Oscar Schwendtnner

Bioma Forestal, Navarra

G06- Actuacions de prevenció d'incendis en zones remotes

Ricard Baques

Consorci per la protecció i gestió de l'Espai d'Interés Natural de la Serra de Llaberia

G07- Recuperació de boscos de teix en el Barranc de Hocino (Riba de Saelices, Guadalajara)

Maria Melero, Diana Colomina, Lourdes Hernández

WWF España

G08- Efecte de dos nivells de fertilització sobre la qualitat de la planta de *Taxus baccata* i la seva resposta en camp en diferents ambients lumínics

Juan L. Nicolás Peragón¹, Luis F. Benito Matías¹, Jaime Puértolas Simón²

¹Centro Nacional De Recursos Genéticos Forestales El Serranillo, Guadalajara

²Lancaster Environment Centre, Lancaster University, Lancaster, La1 4yq, United Kingdom

G09- El teix a Internet: l'ecoturismo amenaça nombroses poblacions de teixos silvestres

Faustino González de Dios

Amigos del Tejo y las Tejedas

G10- El paper clau dels grans teixos i els boscos de teixos vells en la conservació de la biodiversitat

César-Javier Palacios

Fundación Félix Rodríguez de la Fuente, Madrid

13:30-15:00	DINAR
15:00-17:00	Bloc 3. APLICACIONS I CULTURA DEL TEIX

COMUNICACIONS ORALS

AC1-Estudi del contingut de taxol i activitat farmacològica de *Taxus globosa* i *Taxus baccata*
Lidia Osuna¹; Xavier García-Martí²; Elsa Ventura Zapata³; Javier López Uptón⁴; Alejandro Zamilpa¹; Manases González¹; Maribel Herrera-Ruiz¹; Nadia Tapia

¹CIBIS-IMSS, Xochitepec, Morelos. México; ²CIEF-València, España; ³CEPROBI-IPN, Yautepec, Morelos. México; ⁴Colegio de Postgraduados, Montecillos, Texcoco

AC2- Cultius celulars de *Taxus* sp. com a font alternativa al teix per a la producció de taxol i taxans afins

Karla Ramírez¹, Nadia Tapia², Lidia Osuna², Alejandro Zamilpa², Heriberto Vidal¹, Javier Palazon¹

¹Fisiologia Vegetal. Facultad de Farmacia. Universidad de Barcelona

²Centro de Investigación Biomédica del Sur. Instituto Mexicano del Seguro Social. Argentina 1, Col. Centro. Xochitepec, Morelos (México).

AC3- Experiència del servei d'informació toxicològica (sit) relativa a les exposicions tòxiques al teix
Fátima Ramón¹, Salomé Ballesteros¹, Fernando Vasco²

¹Servicio de Información Toxicológica del Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses, Madrid

²AATT Amigos del Tejo y las Tejedas

AC4- Producció de taxoides en cultius in vitro de *Taxus globosa* de calls i cèl·lules elicitades

¹Soto-Hernandez M, ¹Barrales Cureño HJ, ²Ramos-Valdivia AC

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco Estado de Mexico ²Centro de Investigación y estudios Avanzados.

PONÈNCIA

Les primeres evidències de l'ús del teix a Catalunya: els objectes de fusta de La Draga

Raquel Piqué¹, Antoni Palomo¹, Xavier Terradas², Josep Tarrús³

¹ Departament de Prehistòria, Universitat Autònoma de Barcelona ² Departament de Arqueologia i Antropologia, Institució Milà i Fontanals, CSIC ³ Museu Arqueològic Comarcal de Banyoles

17:00-17:30

PAUSA CAFÈ

17:30-17:45

COMUNICACIÓ ORAL

L'itinerari forestal terapèutic del bosc amb teix de les Olletes

Jaume Hidalgo

Institut de Medi Ambient. Universitat de Girona

17:45-18:15

PONÈNCIA

El teix en les primeres cultures de les Illes Britàniques

Andy McGeeney

Ancient Yew Group, UK

18:15-19:15

TAULA RODONA: La conservació de les teixedes davant el canvi global.

19:15

VISITA A LES EXPOSICIONS TEMPORALS

21:00

SOPAR DE CLOENDA

Dissabte 25 d'octubre de 2014

9:15	SORTIDA DE CAMP A LA TEIXEDA DEL TITLLAR (PNIN POBLET)
16:00	Visita al Monestir
21:30	Concert d'orgue de Jan Willem Jansen (opcional)

PÒSTERS

Bloc 1. ECOLOGIA I BIOGEOGRAFIA

P01- El teix (*Taxus baccata*) a Marrocs: un arbre en regressió en el seu límit meridional de distribució

Angel Romo¹, Adam Boratyński²

¹ Botanical Institute of Barcelona, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Barcelona

² Polish Academy of Sciences, Institute of Dendrology, Kórnik, Poland

P02- Estudis preliminars sobre la identificació molecular de sexe en *Taxus baccata* L.

Marcin Zarek

Faculty of Forestry, Agricultural University of Cracow; Poland

P03- Dinàmica de la població en quatre poblacions de teix Florida (*Taxus floridana*)

Ann M. Redmond¹ ; Alice A. Winn²

¹ Brown and Caldwell, Orlando

² Department of Biological Sciences, Florida State University

P04- Una nova varietat de *Taxus brevifolia* del nord-oest del Pacífic d'Amèrica del Nord

Richard Spjut

World Botanical Associates, Inc., Bakersfield, USA

P05- Situació actual de les teixedes dels Montes Aquilianos

Alonso, A.¹, Fernández-Manso, A.², Artime,^{1,3} Valbuena, L.¹

1. Área de Ecología. Dept. Biodiversidad y Gestión Ambiental. Fac. CC. Biológicas y Ambientales. Universidad de León. 24071. León.

2. Área de Ingeniería y Ciencias Agrarias. Dept. Ingeniería Agroforestal. E.S.T.I.A. Universidad de León. Campus de Ponferrada. 24401 Ponferrada (León).

3. Junta de Castilla y León. Ponferrada.

P06- Comparació de la relació creixement- clima en dos dels arbres més rars de Polònia : el teix (*Taxus baccata* L.) i la moixera de pastor (*Sorbus torminalis* L.)

Anna Cedro

University of Szczecin, Faculty of Geosciences, Laboratory of Climatology and Marine Meteorology, Mickiewicza 16, 70-383 Szczecin, Poland

P07- *Taxus baccata*: un estudi citogenètic i molecular

Maria Paola Tomasino

CNR , Institute of Biomembrane and Bioenergetics (IBBE), Italy

P08- Caracterització florística de les comunitats de teix

Jordi Capdevila, Carme Cases

Grup BETA. Universitat de Vic

P09- Canvis futurs esperats en la distribució de *Taxus baccata* L. a Catalunya segons la variació climàtica prevista

Víctor Àguila¹, Antònia Caritat^{1,2}, Ana Rios², Pere Casals², David Guixé²

¹ Universitat de Girona, ² Centre Tecnològic Forestal de Catalunya

P10- La saba del teix

David Matarranz Fdez-Quintanilla

Amigo de Amigos del Tejo y las Tejedas

Bloc 2. GESTIÓ I CONSERVACIÓ

P11- Conservació directa de l'hàbitat prioritari 9580 (Boscos de *Taxus baccata*) a la xarxa Natura 2000 de la Comunitat Valenciana

Xavier G. Martí¹, P. Pablo Ferrer-Gallego^{1,2}, Inmaculada Ferrando^{1,2}, Josep E. Oltra^{1,2} & Emilio Laguna¹

¹ Centro para la Investigación y Experimentación Forestal (CIEF)

² VAERSA Valencia

P12- Producció de plàntules de *Taxus baccata* per al reforç poblacional a les principals teixedes de Catalunya

Ana I. Ríos¹, X. García-Martí^{1,2}, D. Guixé¹, P. Casals¹, A. Caritat¹, J. Camprodon¹

¹ Centre Tecnològic Forestal de Catalunya

² Bioma Forestal

P13- L'estrès hídric ($\delta^{13}C$) dels teixos depèn del recobriment de la capçada i l'àrea basal dels arbres veïns

Ana I. Ríos¹, Víctor Àguila³, David Guixé¹, Jordi Camprodon^{1,2}, Antonia Caritat^{1,3}, Pere Casals¹

¹ Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC)), ² Universitat de Vic, ³ Universitat de Girona

P14- Riquesa i abundància de depredadors i dispersors de llavors de teix a Catalunya

David Guixé, Ana I. Ríos, Jordi Camprodon

Centre Tecnològic Forestal de Catalunya

Bloc 3. APLICACIONS I CULTURA DEL TEIX

P15- Avenços en terapèutica amb taxans

Fernando Vasco, Remigio Lozano

AATT Amigos del tejo y las Tejedas

P16- L'aprofitament del teix al jaciment neolític antic del Camp del Colomer (Andorra)

Raquel Piqué¹, Abel Fortó², Alex Vidal²

¹ Departament de Prehistòria, Universitat Autònoma de Barcelona

² Àrea de Protecció del Patrimoni Immoble, Patrimoni Cultural d'Andorra

P17 - Actuacions d'educació ambiental a la serra de Llaberia

Silvia García López

Consorci de la Serra de Llaberia

P18- Tot sobre el teix: seguint la pista de *Taxus baccata* al SW d'Europa per mitjà d'estudis arqueobotàniques integrats

Paloma Uzquiano Ollero

Universidad Nacional Educación a Distancia UNED, Madrid

PROGRAMA

Jueves 23 de octubre del 2014

08:30-09:30 Recepción y entrega de credenciales

09:30-10:45 PONENCIA MARCO

Enfrentándose al cambio: mecanismos estabilizadores desde el individuo a la comunidad

Adrian Escudero

Área de Biodiversidad y Conservación Universidad Rey Juan Carlos-Madrid

Los tejos europeos y el cambio climático

Peter Thomas

School of Life Sciences Keele University- UK

10:45-11:15 PAUSA CAFÉ

11:15-13:30 Bloque 1. ECOLOGÍA Y BIOGEOGRAFÍA

PONENCIA

Regeneración del tejo en las montañas cantábricas: ampliando el enfoque a través del espacio, el tiempo y la complejidad ecológica.

Daniel García¹, Daniel Martínez¹, Jessica E. Lavabre²

¹Depto. de Biología de Organismos y Sistemas, Universidad de Oviedo, y Unidad Mixta de Investigación en Biodiversidad (UMIB, CSIC-UO-PA)..

²Grupo de Ecología Integradora, Estación Biológica de Doñana, CSIC. Sevilla

COMUNICACIONES ORALES

E01- La influencia de la temperatura y la precipitación en los anillos de crecimiento de *Taxus baccata* L.de Polonia y Ucrania occidental.

Anna Cedro

University of Szczecin, Faculty of Geosciences, Szczecin, Poland

12:00-12:30 ACTO INAGURAL Y PLANTACIÓN DE TEJO

COMUNICACIONES ORALES

E02- Los Matriarcados del Tejo en la Sierra de Francia. Dinámica y ecología de las nuevas poblaciones conocidas en el Sistema Central

Pruden Fernández González., Fernández Morcuende,A., García Gomariz, E., Rodríguez Rivas, J., Sánchez Amador, E. & Vasco Encuentra, F.

Asociación Amigos del Tejo y las Tejedas. Spain

E03- La historia de *Taxus baccata* L. en Wierzchlas (N Polonia) basada en la investigación de los registros palinológicos.

Agnieszka Maria Noryskiewicz

Institute of Archaeology Nicolaus Copernicus University,Torun, Poland

E04- Sobreviviendo al cambio global: dinámica de un abeto aislado en su límite meridional de su área de distribución en la Península Ibérica.

Elisabet Martínez, Emilia Gutiérrez

Dept. of Ecology. Faculty of Biology, University of Barcelona.

13:30-15:00 ALMUERZO

15:00-17:00 Bloque 1. ECOLOGÍA Y BIOGEOGRAFÍA

PONENCIA

Condiciones ambientales heterogéneas, demografía y variación adaptativa del tejo (*Taxus baccata* L.)

Maria Mayol, Berganzo E, Burgarella C, González-Martínez SC, Grivet D, Vendramin GG, Vincenot L, Riba M

Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) Barcelona

COMUNICACIONES ORALES

E05- Delimitación de las tejedas de Hindu Kush-Himalaya y zonas adyacentes, diversidad genética y historia demográfica de *Taxus contorta* en Pakistan

Lian-Ming Gao¹, Ram C. Poudel^{1,2}, Michael Möller³, De-Zhu Li²

¹ Key Laboratory for Plant Diversity and Biogeography of East Asia, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, China. ² Plant Germplasm and Genomics Center, Germplasm Bank of Wild Species, Kunming, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming, China. ³ Royal Botanic Garden Edinburgh, Edinburgh, Scotland, United Kingdom

E06 – Diversidad liquénica en bosques de tejo del Montseny (NE de España)

Esteve Llop

Dpt. Biologia Vegetal, Universitat de Barcelona

E07- Censo e inventario de tejos (*Taxus baccata* L.) en el Barranco del Alto Manzanares (España)

Rubén Bernal González

AATT Amigos del Tejo y las Tejedas. Spain

E08- Distribución y tamaño poblacional del Tejo (*Taxus baccata* L.) en el municipio de Ayala (Álava), norte de España

Enrique Arberas Mendibil, Inés Latorre García

17:00-17:30	PAUSA CAFÉ
-------------	------------

17:30-18:00	COMUNICACIONES ORALES
-------------	------------------------------

E09- Características estructurales y estatus de conservación de *Taxus baccata* en algunos bosques del Atlas Tellian.

Krouchi F.¹, Bouhamed A.¹, Hamidouche Ch.¹ Guechioud I.¹, Guellal A.¹, Benallaoua Kh.¹, Hocine F.¹, Abdelli D.¹, Ait-Ikene S.¹, Vessella F.² And Derridj A.¹

¹ Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, (Algeria)

² AgroForestry, Nature and Energy Department (DAFNE), University of Tuscia, Viterbo, Italy

E10- Nueva aportación en el reconocimiento y la propagación de tejo (*Taxus baccata* L.) en Bosnia y Hercegovina

Dalibor Ballian

Faculty of Forestry, University of Sarajevo, Bosnia and Herzegovina

18:15-19:00	PONENCIA
-------------	-----------------

Treinta años trabajando con el tejo.

Emilio Blanco, Fernando Vasco

AATT Asociación Amigos del Tejo y las Tejedas, Spain

19:00-20:00	PONENCIA
El Tejo y “yo” Impacto de las especies de los árboles en la evolución de la conciencia humana. Fred Hageneder <i>Ancient Yew Group, Friends of the Trees</i>	

Viernes 24 de octubre del 2014

09:00-11:00	Bloc 2. GESTIÓN Y CONSERVACIÓN
PONENCIA	
El declive de <i>Taxus baccata</i>. De quien es la culpa – humanos o naturaleza? Grzegorz Iszkuło^{1,2}, Monika Dering¹, Emilia Pers-Kamczyc¹ ¹ Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences, Parkowa 5, 62-035 Kórnik, Poland. ² Faculty of Biological Sciences, University of Zielona Góra, Prof. Z. Szafrana 1, 65-516 Zielona Góra, Poland	
COMUNICACIONES ORALES	
G01-Información práctica para la conservación y restauración de los bosques de tejo y sus ecosistemas asociados. Xavier Garcia <i>Bioma Forestal. Amigos del Tejo y las Tejedas, Spain</i>	
G02 – Distribución y tipificación de les tejedas en Catalunya Antònia Caritat^{1,3}, Ana Rios¹, David Guixé¹, Jordi Camprodon^{1,3}, Pere Casals¹; Carme Casas², Víctor Aguila³ <i>Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC)²Universitat de Vic, ³Universitat de Girona</i>	
G03- Proyecto LIFE <i>Taxus</i> para la conservación del tejo y las tejedas en Catalunya Jordi Camprodon^{1,2}; Pere Casals¹; Antònia Caritat^{1,3}; David Guixé¹; Ana Rios¹ <i>¹Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC)), ²Universitat de Vic, ³Universitat de Girona</i>	
G04-Acuerdos de custodia para la conservación de las tejedas en la Sierra de Llaberia Jarkov Reverte, Ricard Baques <i>Consorci per la protecció i gestió de l'Espai d'Interés Natural de la Serra de Llaberia</i>	
11:00-11:30	PAUSA CAFÉ

11:30-13:30	COMUNICACIONES ORALES
G05- Dinámicas de regresión y progresión en las poblaciones de tejo (<i>Taxus baccata</i>) de Navarra, norte de España, en tiempos recientes. Oscar Schwendtner <i>Bioma Forestal, Navarra</i> G06- Actuaciones de prevención de incendios en zonas remotas Ricard Baques <i>Consorci per la protecció i gestió de l'Espai d'Interés Natural de la Serra de Llaberia</i> G07- Recuperación de bosques de tejo en el Barranco de Hocino (Riba de Saelices, Guadalajara) Maria Melero, Diana Colomina, Lourdes Hernández <i>WWF España</i> G08-Efecto de dos niveles de fertilización sobre la calidad de la planta de <i>Taxus baccata</i> y su respuesta en campo en distintos ambientes lumínicos Juan L. Nicolás Peragón¹, Luis F. Benito Matías¹, Jaime Puértolas Simón² ¹Centro Nacional De Recursos Genéticos Forestales El Serranillo, Guadalajara ²Lancaster Environment Centre, Lancaster University, Lancaster, La1 4yq, United Kingdom G09-El tejo en Internet: el ecoturismo amenaza numerosas poblaciones de tejos silvestres Faustino González de Dios <i>AATT Amigos del Tejo y las Tejedas, Spain</i> G10-El papel clave de los grandes tejos y los bosques de tejo viejos en la conservación de la biodiversidad César-Javier Palacios <i>Fundación Félix Rodríguez de la Fuente, Madrid, Spain</i>	
13:30-15:00	ALMUERZO
15:00-17:00	Bloc 3. APLICACIONES Y CULTURA DEL TEJO
COMUNICACIONES ORALES	
AC1-Estudio del contenido de taxol y actividad farmacológica de <i>Taxus globosa</i> y <i>Taxus baccata</i> Lidia Osuna ^{1*}, Xavier García-Martí ², Elsa Ventura Zapata³, Javier López Uptón⁴, Alejandro Zamilpa¹, Manases González¹, Maribel Herrera-Ruiz¹, Nadia Tapia ¹CIBIS-IMSS, Xochitepec, Morelos. México; ²CIEF-València, España; ³CEPROBI-IPN, Yautepec, Morelos. México; ⁴Colegio de Postgraduados, Montecillos, Texcoco AC2- Cultivos celulares de <i>Taxus</i> sp. como fuente alternativa al tejo para la producción de taxol y taxanos afines Karla Ramírez¹, Nadia Tapia², Lidia Osuna², Alejandro Zamilpa², Heriberto Vidal¹, Javier Palazon¹ ¹Fisiología Vegetal. Facultad de Farmacia. Universidad de Barcelona ²Centro de Investigación Biomédica del Sur. Instituto Mexicano del Seguro Social. Argentina 1, Col. Centro. Xochitepec, Morelos (México). AC3- Experiencia del servicio de información toxicológica (sit) relativa a las exposiciones tóxicas al tejo Fátima Ramón¹, Salomé Ballesteros¹, Fernando Vasco² ¹Servicio de Información Toxicológica del Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses, Madrid ² AATT Amigos del Tejo y las Tejedas AC4- Producción de Taxoides en cultivos in vitro de callos y células elicidadas de <i>Taxus globosa</i> ¹Soto-Hernandez M, ¹Barrales Cureño HJ, ² Ramos-Valdivia AC ¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco Estado de Mexico ²Centro de Investigación y estudios Avanzados.	

PONENCIA

Las primeras evidencias del uso del tejo en Catalunya: los objetos de la madera de La Draga **Raquel Piqué¹, Antoni Palomo¹, Xavier Terradas², Josep Tarrús³**

¹ Departament de Prehistòria, Universitat Autònoma de Barcelona ² Departament de Arqueologia i Antropologia, Institució Milà i Fontanals, CSIC ³ Museu Arqueològic Comarcal de Banyoles

17:00-17:30	PAUSA CAFÉ
17:30-17:45	COMUNICACIÓN ORAL

El itinerario forestal terapéutico del bosque con tejo de les Olletes

Jaume Hidalgo

Institut de Medi Ambient. Universitat de Girona

17:45-18:15	PONENCIA
-------------	-----------------

El Tejo en las primeras culturas de les Islas Británicas

Andy McGeeney

Ancient Yew Group, UK

18:15-19:15	MESA REDONDA: La conservación de las tejedas y los sistemas forestales mediterráneos en su conjunto ante el cambio global /Conclusiones
19:15	VISITA A LAS EXPOSICIONES TEMPORALES
21:00	CENA DE DESPEDIDA

Sábado 25 de octubre del 2014

9:15	SALIDAS DE CAMPO A LA TEJEDA DEL TITLLAR (PNIN POBLET)
16:00	Visita al Monasterio
21:30	Concierto de órgano de Jan Willem Jansen (opcional)

PÓSTERS

Bloc 1. ECOLOGÍA Y BIOGEOGRAFÍA

P01- El tejo (*Taxus baccata*) en Marruecos: un árbol en regresión en su límite meridional de distribución

Angel Romo¹, Adam Boratyński²

1 Botanical Institute of Barcelona, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Barcelona

2 Polish Academy of Sciences, Institute of Dendrology, Kórnik, Poland.

P02- Estudios preliminares en la identificación molecular del sexo en *Taxus baccata* L.

Marcin Zarek

Faculty of Forestry, Agricultural University of Cracow; Poland

P03- Dinámicas poblacionales en cuatro poblaciones del Tejo de Florida (*Taxus floridana*)

Ann M. Redmond¹, Alice A. Winn²

¹Brown and Caldwell, Orlando

²Department of Biological Sciences, Florida State University

P04- Una nueva variedad de *Taxus brevifolia* del NW del Pacífico de América del Norte

Richard Spjut

World Botanical Associates, Inc., Bakersfield, USA

P05- Situación actual de las tejedas de los montes Aquilianos

Alonso, A.¹, Fernández-Manso, A.², Artime, I.³, Valbuena, L.¹

1. Área de Ecología. Dept. Biodiversidad y Gestión Ambiental. Fac. CC. Biológicas y Ambientales. Universidad de León. 24071. León.

2. Área de Ingeniería y Ciencias Agrarias. Dept. Ingeniería Agroforestal. E.S.T.I.A. Universidad de León. Campus de Ponferrada. 24401 Ponferrada (León).

3. Junta de Castilla y León. Ponferrada.

P06- Comparación de la relación crecimiento- clima en dos de los árboles más raros de Polonia: el tejo (*Taxus baccata* L.) y espinera real (*Sorbus torminalis* L.)

Anna Cedro

University of Szczecin, Faculty of Geosciences, Laboratory of Climatology and Marine Meteorology, Mickiewicza 16, 70-383 Szczecin, Poland

P07- *Taxus baccata*: un estudio citogenético y molecular

Maria Paola Tomasino

CNR, Institute of Biomembrane and Bioenergetics (IBBE), Italy

P08- Caracterización florística de las comunidades de tejo

Jordi Capdevila, Carme Cases

Grup BETA. Universitat de Vic

P09- Cambios futuros esperados en la distribución de *Taxus baccata* L. en Catalunya según la variación climática prevista

Víctor Àguila¹, Antònia Caritat^{1,2}, Ana Rios², Pere Casals², David Guixé²

¹Universitat de Girona, ²Centre Tecnològic Forestal de Catalunya

P10- La sabia del tejo

David Matarranz Fdez-Quintanilla

Amigo de Amigos del Tejo y las Tejedas

Bloc 2. GESTIÓN Y CONSERVACIÓN

P11-Conservación directa del hábitat prioritario 9580 (Bosques de *Taxus baccata*) en la red Natura 2000 de la Comunidad Valenciana

Xavier G. Martí¹, P. Pablo Ferrer-Gallego^{1,2}, Inmaculada Ferrando^{1,2}, Josep E. Oltra^{1,2} & Emilio Laguna¹

¹Centro para la Investigación y Experimentación Forestal (CIEF)

²VAERSA Valencia

P12- Producción de plántulas de *Taxus baccata* para el refuerzo poblacional en las principales tejedas de Catalunya

Ana I. Ríos¹, X. García-Martí^{1,2}, D. Guixé¹, P. Casals¹, A. Caritat¹, J. Camprodon¹

¹Centre Tecnològic Forestal de Catalunya

²Bioma Forestal

P13- El estrés hídrico ($\delta^{13}\text{C}$) de los tejos depende del recubrimiento de la copa y el área basal de los árboles vecinos

Ana I. Ríos¹, Víctor Àguila³, David Guixé¹, Jordi Camprodon^{1,2}, Antonia Caritat^{1,3}, Pere Casals¹

¹Centre Tecnològic Forestal de Catalunya (CTFC), ²Universitat de Vic, ³Universitat de Girona

P14- Riqueza y abundancia de depredadores y dispersores de semillas de tejo en Cataluña

David Guixé, Ana I. Ríos, Jordi Camprodon

Centre Tecnològic Forestal de Catalunya

Bloc 3. APLICACIONES Y CULTURA DEL TEJO

P15- Avances en terapéutica con taxanos

Fernando Vasco, Remigio Lozano,

Amigos del tejo y las Tejedas

P16- El uso del tejo en el yacimiento neolítico antiguo del Camp del Colomer (Andorra)

Raquel Piqué¹, Abel Fortó², Alex Vidal²

¹Departament de Prehistòria, Universitat Autònoma de Barcelona

²Àrea de Protecció del Patrimoni Immoble, Patrimoni Cultural d'Andorra

P17 - Actuaciones de educación ambiental a la Serra de Llaberia

Silvia García López

Consorci de la Serra de Llaberia

P18- Todo sobre el tejo: tras la pista de *Taxus baccata* en el SW de Europa mediante estudios arqueobotánicos integrados

Paloma Uzquiano Ollero

Universidad Nacional Educación a Distancia UNED, Madrid

*Foto: Richard Martín
Monastery of Poblet (Catalonia)
Monestir de Poblet (Catalunya)
Monasterio de Poblet (Cataluña)*







IV International Yew Workshop participants
Participants de les IV Jornades Internacionals del Teix
Participantes de las IV Jornadas Internacionales del Tejo
Foto: Richard Martín



www.taxus.cat/jornades2014