

# *Juniperus phoenicea* L. (Cupressaceae) en Andorra: donde la fitocorología se encuentra con la paleobotánica

Mazur, Małgorzata<sup>1</sup>; Romo, Àngel<sup>2</sup>; Sobierajska, Karolina<sup>3</sup>; Boratyński, Adam<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kazimierz Wielki University, Bydgoszcz, Poland.

<sup>2</sup> Botanical Institute of Barcelona, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IBB-CSIC-ICUB).  
Passeig Migdia s/n, 08038 Barcelona, Spain.

<sup>3</sup> Polish Academy of Sciences (Polska Akademia Nauk), Instytut Dendrologii. 62-035 Kórnik, Poland.  
Autor para la correspondencia: A. Romo ([a.romo@ibb.csic.es](mailto:a.romo@ibb.csic.es))

## Resumen

Se estudia un caso de como la paleobotánica puede ayudar a explicar la distribución actual de un arbolito Mediterráneo como *Juniperus phoenicea* en una localidad aislada en Andorra. Este taxón, que proviene de un linaje pre-Mediterráneo, ha colonizado algunas estaciones de los Pirineos axiales desde los refugios putativos del Valle del Ebro y del sur de los Pirineos.

Las poblaciones andorranas de esta especie presentan un carácter relictico que se remonta al inicio del Holoceno y conservan un alto nivel de variación. Se confirma la presencia de enclaves donde este tipo de poblaciones han persistido y son singulares desde el punto de vista morfológico, genético y evolutivo. Estas poblaciones deberían considerarse áreas prioritarias de conservación.

**Palabras clave:** conservación, Holoceno, linajes pre-Mediterráneos, plantas relicticas.

## Abstract

In this paper we present a case study showing the value of palaeobotanical data to clarify the present distribution of a small Mediterranean tree such as *Juniperus phoenicea*. The study was carried out on an isolated population located in the Principality of Andorra. This taxon comes from a pre-Mediterranean lineage which has colonized some stations of the axial Pyrenees from the putative refuges of the Ebro Valley and the Southern Pyrenees.

The Andorran populations of this species have a relict character from the early Holocene and they conserve a rather high level of morphological and genetic variation. These sites should be considered as high priority conservation areas, as they contain such persisting populations, singular from the morphological, genetic and evolutionary point of view.

**Key words:** conservation, Holocene, pre-Mediterranean lineages, relict plants.

## Introducción

Las implicaciones biogeográficas de la presencia de poblaciones aisladas de plantas mediterráneas en los Pirineos ha atraído la atención de numerosos biogeógrafos (Montserrat, 1975b; Montserrat y Montserrat, 1988). Algunos autores han hipotetizado sobre el carácter relictico de estas poblaciones que podrían haber permanecido in situ durante el Holoceno (Montserrat y Montserrat, 1988) o incluso como restos de vegetación costera desde el Mioceno-Plioceno (Montserrat, 1975a). Con el avance de los estudios filogeográficos se han detectado la existencia de diferentes refugios de plantas en la región mediterránea de la península ibérica. Uno de ellos se encontraría en el sur de los Pirineos y otro en la Depresión del Ebro (Médail y Diadema, 2009). Entre ambas áreas existe un marcado gradiente climático (Romo, 1984), topográfico y de variados tipos de sustratos (Romo, 1990).

Por otra parte el clima mediterráneo, con la característica sequía estival y alta variabilidad de pluvio-metría interanual, se configuró durante la primera mitad del Plioceno 3,2-3,4 Myr (Suc, 1984; Carrión y Leroy, 2010). En este escenario los linajes de una serie de géneros ya existentes se adaptaron para sobrevivir a las condiciones climáticas mediterráneas. Entre estos linajes de plantas pre-mediterráneas se encuentra el género *Juniperus* (Herrera, 1992; Verdú, 2003). Éste ha llegado hasta nuestros días representado por tres taxones que viven en las áreas mediterráneas del interior ibérico: *Juniperus oxycedrus*, *J. phoenicea* y *J. thurifera* (Peñuelas et al., 2001). *Juniperus phoenicea* es un taxon Mediterráneo con su centro de distribución en el W de esta región. De las dos subespecies en él reconocidas, solo vive en Andorra *J. phoenicea* subsp. *phoenicea* (Boratyński et al., 2009; Mazur et al., 2010), y de allí se conoce de escasas localidades del Sur del Principado, entre (980) 1100 y 1350 m.

Las estaciones andorranas de este taxón pueden tener un carácter relictico y encontrarse in situ desde inicios del Holoceno o el pre-Holoceno, y en este caso presentan un alto nivel de variación genética y morfológica, o ser el resultado de una colonización reciente y en este caso tener un bajo nivel de variación morfológica y genética. El objetivo del presente estudio es evaluar, a partir de las características morfológicas (Mazur et al., 2003; Mazur et al., 2010), genéticas (Bortayński et al., 2009) y otras evidencias paleobotánicas, el carácter relictico o no de las poblaciones de *J. phoenicea* subsp. *phoenicea* situadas en Andorra.

## Metodología

Aunque las especies de *Juniperus* no pueden ser reconocidas en base a su morfología polínica (Davis y Stevenson 2007), las diferentes especies del género presentan ecologías particulares. *J. phoenicea* se encontraría en altitudes bajas sometidas a un clima ligeramente continental, conviviendo con las especies del tipo *Quercus* perennifolia: *Q. ilex*, *Q. rotundifolia*, *Q. coccifera*, que además se hallaría colonizando los acantilados de los desfiladeros prepirenaicos. *J. thurifera* es un árbol de áreas muy continentales de montaña y *J. oxycedrus* es un pequeño árbol de la tierra baja, propio de las maquias termófilas de carácter no continental.

Para el presente estudio se ha recopilado toda la bibliografía paleobotánica y paleoecológica que aporta datos sobre la presencia de linajes de taxones mediterráneos en Andorra y alrededores. Al mismo tiempo se han revaluado los resultados previos obtenidos en los estudios genéticos (Boratyński et al., 2009) y biométricos (Mazur et al., 2010).

## Resultados y discusión

Las poblaciones *J. phoenicea* subsp. *phoenicea* situadas sobre Sant Julià de Lòria en Andorra presentan peculiaridades biométricas (Mazur et al., 2010) y genéticas (Boratyński et al., 2009). En ellas existe un alto nivel de diferenciación intra-poblacional. El alto nivel de variación morfológica, que tienen, sugiere el carácter relictico de las mismas (Mazur et al., 2010), frente a la hipótesis que proponen que son el resultado de una colonización reciente. Genéticamente las poblaciones andorranas son más afines a las del Sur de Francia que a las ibéricas, y además son genéticamente más cercanas a las poblaciones del sistema ibérico que a las poblaciones de la depresión del Ebro (Boratyński et al., 2009). Lo que sugiere un prolongado aislamiento geográfico.

Este taxón, como pionero, heliófilo, tolerante al estrés hídrico y fácilmente colonizador de lugares abiertos por medio de sus gábulos de dispersión ornitócora (Quézel y Médail, 2003), puede haber estado presente en la región Mediterránea durante los períodos glaciales del final del Pleistoceno (125-11,5 KyrBP) en varias localidades (Uzquiano y Aranz, 1997) y haber persistido desde finales del último máximo glacial (LGM) e inicios del Holoceno (Carrión et al., 2010); particularmente en áreas abiertas, sometidas a un clima ligeramente continental (Carrión et al., 2003, 2004). De acuerdo con los requerimientos ecológicos de esta especie, se puede sugerir que *J. phoenicea* sobrevivió al último

máximo glacial (LGM: 18–21 kyr BP) no lejos de las estaciones actuales, a pesar de que los glaciares (Calvet, 2004) alcanzaron las proximidades de las actuales estaciones de la sabina negra.

Para un taxon próximo, pero propio de climas marcadamente continentales, Rodríguez-Sánchez et al. (2010), y basándose en estudios filogeográficos, ha encontrado evidencias de que *J. thurifera* ha persistido durante el último máximo glacial en varios puntos del interior ibérico, y que estas poblaciones habrían favorecido una recolonización posterior.

La colonización a inicios del Holoceno (11,5 Kyr BP) de las vertientes sur de las sierras Prepirenaicas por plantas Mediterráneas se corresponde bien con las condiciones climáticas de los inicios del periodo post-glacial. Durante esta fase la existencia de espacios abiertos pudo favorecer la presencia de taxones resistentes a la sequía y a la fuerte insolación como *J. phoenicea* (Jalut et al., 1992). Además se ha evidenciado una fase árida del Holoceno, para el período comprendido entre 9700–9600 yr BP, con penetración de vegetación mediterránea (Reille y Lowe, 1993; Jalut et al., 2000; Miras et al., 2007). Este período xerotérmico a inicios del Holoceno está avalado por la presencia de polen de tipo *Quercus ilex* y *Pistacia* sp. en el E de los Pirineos (Reille y Lowe, 1993) y polen de *Ephedra distachya* y *Juniperus* sp. (Davis y Stevenson, 2007) en la depresión del Ebro. Cabe destacar la presencia de polen de tipo *Quercus ilex* en la localidad de Gorg Negre a 2080 m sobre el nivel del mar, en el Conflent para el período 9150–7050 yr BP (Reille y Lowe, 1993).

Por otra parte, la depresión del Ebro constituyó un refugio glacial para las especies arbóreas Mediterráneas, como *Quercus ilex-coccifera*, durante el último máximo glacial e inicios del Holoceno (González-Sampériz et al., 2004; 2010). Desde este refugio, la orientación y topografía de las sierras exteriores e interiores de la vertiente sur de los Pirineos no favoreció el desplazamiento latitudinal y altitudinal, asociado a la variabilidad climática holocena, especialmente para los dendrotáxones de linajes pre-Mediterráneos desde su refugio del valle del Ebro que a lo sumo pudieron colonizar las gargantas rocosas y las solanas de las sierras prepirenaicas.

El suficientemente alto nivel de variación morfológica de las poblaciones sobre Sant Julià de Lòria (Mazur et al., 2010) sugiere más una colonización desde una abundante población cercana, que una colonización puntual. La posibilidad de persistencia de poblaciones de *J. phoenicea* in situ no debería excluirse a pesar de la cercana posición de los glaciares durante el último máximo glacial, que en las vertientes sudpirenaicas cubrían los valles (Pallàs et al., 2006) e influenciaban el clima local, haciendo descender las temperaturas, y creando unas condiciones poco favorables para las plantas Mediterráneas más termófilas. En este escenario, algunas plantas Mediterráneas podrían haber sobrevivido en los Pirineos axiales en las vertientes sur, más abruptas y rocosas, en altitudes aproximadas de 900–1000 m, como las que se encuentran justo debajo de la población de *J. phoenicea* estudiada. Esto haría posible una expansión efectiva de plantas mediterráneas durante los inicios del Holoceno. Esta hipótesis queda avalada por los hallazgos de pólenes de tipo *Quercus rotundifolia* en los sedimentos lacustres que datan de 9700–9600 BP (Miras et al., 2007) y los datos paleoclimáticos y las cronologías aportadas por Pèlachs et al. (2011). Los datos genéticos también avalan esta hipótesis, pues genéticamente las poblaciones de Andorra son muy diferentes de las de la depresión del Ebro (Boratyński et al., 2009).

## Conclusiones

---

Las poblaciones andorranas de *J. phoenicea* situadas en la vertiente sur entre Sant Julià de Lòria y Fontaneda, sobre el Riu Negre, deberían ser protegidas y conservadas por la gran variabilidad morfológica y genética que conservan.

Por otra parte, los análisis biométricos constituyen una herramienta adecuada, junto con la genética y la paleobotánica, para identificar áreas con poblaciones de plantas de carácter relictico. Identificar este tipo de poblaciones de plantas, evolutivamente singulares, es muy importante para el diseño de estrategias de conservación de la biodiversidad en la región Mediterránea.

## Referencias bibliográficas

- BORATYŃSKI, Adam; LEWANDOWSKI, Adam; BORATYŃSKA, Krystyna; MONTSERRAT, José M. y ROMO, Angel (2009). "High level of genetic differentiation of *Juniperus phoenicea* (Cupressaceae) in the Mediterranean region: geographic implications". *Plant Systematics and Evolution*, 277: 163–172.
- CALVET, Marc (2004). "The Quaternary glaciation of the Pyrenees". In: EHLERS, Jürgen y GIBBARD, Philip L. (eds.). *Quaternary glaciations extent and chronology, part I: Europe*. Amsterdam: Elsevier, 119–128.
- CARRIÓN, José S.; YLL, Errikarta Imanol; WALKER, Michael J.; LEGAZ, Alfonso J.; CHAIN, Celia y LÓPEZ, Antonio (2003). "Glacial refugia of temperate, Mediterranean and Ibero-North African flora in south-eastern Spain: new evidence from cave pollen at two Neanderthal sites". *Global Ecology Biogeography*, 12(2): 119–129.
- CARRIÓN, José S.; YLL, Errikarta Imanol; WILLIS, Kelvin J. y SÁNCHEZ, Pedro (2004). "Holocene forest history of the eastern plateaux in the Segura Mountains (Murcia, southeastern Spain)". *Review of Palaeobotany and Palynology*, 132(3–4): 219–236.
- CARRIÓN, José S. y LEROY, Suzanne (2010). "Iberian floras through time: Land of Diversity and Survival". *Review of Paleobotany*, 162: 227–230.
- CARRIÓN, José S.; FERNÁNDEZ, Santiago; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, Penélope; GIL-ROMERA, Graciela; BADAL, Ernestina; CARRIÓN-MARCO, Yolanda; LÓPEZ-MERINO, Lourdes; LÓPEZ-SÁEZ, José A.; FIERRO, Elena y BURJACHS, Francesc (2010). "Expected trends and surprises in the Lateglacial and Holocene vegetation history of the Iberian Peninsula and Balearic Islands". *Review of Palaeobotany and Palynology*, 162: 458–475.
- GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, Penélope, VALERO-GARCÉS, Blas y CARRIÓN, José S. (2004). "Was the Ebro valley a glacial refugium for temperate trees?". *Anales de Biología*, 26: 13–20.
- GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, Penélope; LEROY, Suzanne; CARRIÓN, José S.; FERNÁNDEZ, Santiago; GARCÍA-ANTÓN, Mercedes; GIL GARCÍA, María José; UZQUIANO, Paloma; VALERO-GARCÉS, Blas y FIGUERAL, Isabel (2010). "Steppes, savannahs, forest and phytodiversity reservoirs during the Pleistocene in the Iberian Peninsula". *Review of Palaeobotany and Palynology*, 162: 427–457.
- HERRERA, Carlos M. (1992). "Historical effects and sorting processes as explanations of contemporary ecological patterns: character syndromes in Mediterranean woody plants". *American Naturalist*, 140: 421–446.
- JALUT, Guy; MONTSERRAT, Juan; FONTUGNE, Michel; DELIBRIAS, Georgette; VILAPLANA, Juan Manuel y JULIÀ, Ramón (1992). "Glacial to interglacial vegetation changes in the northern and southern Pyrenees: deglaciation, vegetation cover and chronology". *Quaternary Science Reviews*, 11: 449–480.
- JALUT, Guy; ESTEBAN-AMAT, Agustin; BONNET, Louis; GAUQUELIN, Thierry y FONTUGNE, Michel (2000). "Holocene climatic changes in the Western Mediterranean from South-East France to South-East Spain". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 160: 255–290.
- MAZUR, Małgorzata; BORATYŃSKA, Krystyna; MARCYSIAK, Katarzyna; GÓMEZ, Daniel; TOMASZEWSKI, Domenik; DIDUKH, Jakib y BORATYŃSKI, Adam (2003). "Morphological variability of *Juniperus phoenicea* (Cupressaceae) from three distant localities in the Iberian Peninsula". *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 72: 71–78.
- MAZUR, Małgorzata; KLAJBOR, Katarzyna; KIELICH, Monika; SOWIŃSKA, Mirosława; ROMO, Àngel; MONTSERRAT, José M. y BORATYŃSKI, Adam (2010). "Intra-specific differentiation of *Juniperus phoenicea* in the western Mediterranean region revealed in morphological multivariate analysis". *Dendrobiology*, 63: 25–35.

- MÉDAIL, Frédéric y DIADEMA, Katia (2009). "Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin". *Journal of Biogeography*, 36: 1333-1345
- MIRAS, Yannick; EJARQUE, Ana; RIERA, Santiago; PALET, Josep Maria; ORENGO, Héctor y Euba, Itxaso (2007). "Dynamique holocène de la végétation et occupation des Pyrénées andorranes depuis le Néolithique ancien, d'après l'analyse pollinique de la tourbière de Bosc dels Estanyons (2180m, Vall de Madriu, Andorre)". *Comptes Rendus Palevol*, 6: 291-300.
- MONTSERRAT, Pedro (1975a). "Comunidades relictas geomorfológicas". *Anales del Instituto Botánico Cavanilles*, 32(2): 397-404.
- MONTSERRAT, Pedro (1975b). "Enclaves florísticos mediterráneos en el Pirineo". Primer Centenario de la Real Sociedad Española de Historia Natural, 2: 363-376.
- MONTSERRAT, Juan y MONTSERRAT, Gabriel (1998). "Hypothesis on the postglacial dynamics of thermomediterranean plants on the southern slopes of the Pyrenees". En homenaje a Pedro Montserrat: 649-660, Jaca, Huesca.
- PALLÀS, Raimon; RODÉS, Àngel; BRAUCHER, Régis; CARCAILLET, Julien; ORTUÑO, Maria; BORDONAU, Jaume; BOURLÈS, Didier; VILAPLANA, Juan Manuel; MASANA, Eulàlia y SANTANACH, Pere (2006). "Late Pleistocene and Holocene glaciation in the Pyrenees: a critical review and new evidence from 10Be exposure ages, south-central Pyrenees". *Quaternary Science Reviews*, 25 (21-22): 2937-2963.
- PÈLACHS, A.; JULIÀ, R.; PÉREZ-OBÍOL, R.; SORIANO, J.M., BAL, M.C.; CUNILL, R.; CATALAN, J. (2011). "Potential influence of Bond events on mid-Holocene climate and vegetation in southern Pyrenees as assessed from Burg lake LOI and pollen records". *The Holocene* 21(1): 95-104.
- PEÑUELAS, Josep; LLORET, Francisco y MONTOYA, Ramón (2001). "Severe Drought Effects on Mediterranean Woody Flora in Spain". *Forest Science*, 47(2): 214-217.
- QUÉZEL, Pierre y MÉDAIL, Frédéric (2003). *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Paris: Elsevier.
- REILLE, Maurice y LOWE, John (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
- RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, Francisco; HAMPE, Arndt; JORDANO, Pedro y ARROYO, Juan (2010). "Past tree range dynamics in the Iberian Peninsula inferred through phylogeography and palaeodistribution modelling: A Review". *Review of Palaeobotany and Palynology*, 162: 507-521.
- ROMO, Àngel (1984). "El clima y la vegetación en los Prepirineos centrales catalanes". *Acta Biologica Montana*, 4: 231-238.
- ROMO, Àngel (1990). "Patrones de distribución en la flora vascular de los Prepirineos centrales" *Monografías del Instituto Pirenaico de Ecología*, 5: 175-190.
- SUC, Jean Pierre (1984). "Origin and evolution of the Mediterranean vegetation and climate in Europe". *Nature*, 307: 409-432.
- VERDÚ, Miguel; DÁVILA, Pedro, GARCÍA-FAYOS, Patricio; FLORES-HERNÁNDEZ, Nicolás, y VALIENTE-BANUET, Alfonso (2003). "Convergent traits of Mediterranean woody plants belong to pre-Mediterranean lineages". *Biological Journal of the Linnean Society*, 78: 415-427.
- UZQUIANO, Paloma y ARNANZ, Ana Maria (1997). "Consideraciones paleoambientales del Tardiglacial y Holoceno inicial en el Levante español: macrorestos vegetales de El Tossal de la Roca (Vall d'Alcalà, Alicante)". *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 55: 125-133.