

Aproximación paleobiogeográfica a la Sierra del Tablón (Serranía de Ronda, España) a partir del análisis pedoantracológico

A paleobiogeographical approach to the Sierra del Tablón (Serranía de Ronda, Spain) based on pedoantracological analysis

José Gómez Zotano ^{**,} Rubén Pardo Martínez ^{a,} José Antonio Olmedo Cobo ^a

* Autor de correspondencia: ^a Universidad de Granada, Facultad de Filosofía y Letras, Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Granada, España, tel.: 0034 958249904. jgzotano@ugr.es

ABSTRACT

This work presents the first paleobiogeographical study of the forests of the Sierra del Tablón, one of the northernmost mountain massifs of the Serranía de Ronda (Spain) and the highest point in the province of Seville at 1,129 m a.s.l. The mesological approach is used to analyse the physical characteristics of the mountain massif (geology, geomorphology and climate). Study of past and present vegetation is also addressed, identifying the dominant plant formations and their evolution since the mid-twentieth century, with particular attention to the forest facies representative of the climax stages. Finally, the results of the pedoantracological analysis carried out in the study area are included, which enables us to delve into the dynamics of their vegetation by carrying out two pedological samples.

Keywords: charcoal, pedoantracology, Mediterranean forest, conifers, Betic Cordillera.

RESUMEN

Se presenta el primer estudio paleobiogeográfico de los bosques de la Sierra del Tablón, uno de los eslabones más septentrionales de la Serranía de Ronda (España) y cota más elevada de la provincia de Sevilla con 1.129 m s.n.m. Se parte de la caracterización mesológica, analizando las singularidades físicas del macizo (geología, geomorfología y clima). También se aborda el estudio de la vegetación presente y pasada, identificando las formaciones dominantes y su evolución desde mediados del siglo XX, con especial atención a las facies de bosque representativas de las etapas climáticas. Finalmente, se incluyen los resultados del análisis pedoantracológico llevado a cabo en la sierra, lo que permite profundizar en la dinámica evolutiva de su vegetación a través de la realización de dos muestreos pedológicos.

Palabras clave: carbón, pedoantracología, bosque mediterráneo, coníferas, Cordillera Bética.

INTRODUCCIÓN

La comprensión de cómo y por qué los organismos biológicos se distribuyen en el espacio es un principio central de la investigación biogeográfica (Miller 2010), siendo el análisis de las relaciones especies-ambientes en el tiempo un tema central en cualquier disciplina ecológica (Guisan y Zimmermann 2000). Es importante poseer una información precisa sobre la distribución de las especies a escala espacio-temporal para poder evaluar la biodiversidad regional, si bien en muchos casos los datos existentes son insuficientes (Choe *et al.* 2016). En este sentido, de acuerdo con Costa *et al.* (1990) y Alcalde *et al.* (2006), los estudios paleoecológicos resultan de gran interés por dos razones: (1) la posibilidad de reconstruir los ecosistemas forestales del pasado; (2) la capacidad para estudiar la dinámica temporal de estos en distintas fases paleohistóricas, precisando la naturaleza de las principales perturbaciones (climáticas y/o antrópicas) acaecidas.

Buena prueba de ello es el amplio desarrollo de metodologías y técnicas reconstructivas del paisaje alcanzado en los últimos años. De especial interés para la presente investigación resulta la pedoantracología; se trata de una metodología relativamente reciente en España dentro de las disciplinas paleoecológicas, que sería implementada en la península ibérica a partir de los trabajos realizados por Cunill (2010) en el Pirineo, tal y como se desprende de la revisión pormenorizada llevada a cabo por Pardo-Martínez (2020). En consecuencia, existen grandes diferencias territoriales en su aplicación, que se ha centrado en el Pirineo, la Cordillera Cantábrica, el Sistema Central y la Cordillera Bética. En el extremo sudoccidental de esta última destaca la Serranía de Ronda como el ámbito geográfico que concentra la mayoría de los trabajos pedoantracológicos realizados en España (Pardo-Martínez 2020).

El marco geográfico-histórico de la Serranía de Ronda, dada su originalidad, constituye un interesante campo experimental de reconocimiento de dinámicas espacio-tem-

porales de los bosques, así como de las tensiones derivadas de sus políticas de conservación y gestión (Gómez-Zotano *et al.* 2017, Olmedo-Cobo *et al.* 2019, 2021, Gómez-Zotano y Olmedo-Cobo 2021, Pardo-Martínez *et al.* 2021). De acuerdo con Gómez-Zotano y Olmedo Cobo (2021), este ámbito ha experimentado un dilatado proceso de antropización, una historia común forjada a golpe de aciertos y desaciertos en el manejo de la floresta. A las actividades y aprovechamientos tradicionales llevados a cabo en el monte, tales como las cortas locales, la extracción de leñas y carboneo, las quemas para obtención de pastos, la agricultura de subsistencia, el adhesamiento, la explotación ganadera o la selección de especies dominantes, se suma la demanda de madera para la Marina Española, para las tempranas iniciativas de industrialización o para la construcción del ferrocarril Ronda-Algeciras, así como la proliferación de grandes incendios forestales a partir de la segunda mitad del siglo XX. En contraposición, en los últimos años se asiste a una cada vez mayor protección, gestión y ordenación efectiva del valioso patrimonio forestal compartido. El ser humano, por tanto, ha desempeñado un papel fundamental en la distribución pasada y presente de zonas forestadas, deforestadas o reforestadas, posibilitando, en cualquier caso, el legado forestal que actualmente enriquece el extenso patrimonio eco-cultural de la comarca.

Sin embargo, el conocimiento de la paleobiogeografía resulta claramente deficitario en algunos sectores de la serranía rondeña. Es el caso de la Sierra del Tablón, una de las

estribaciones montañosas más septentrionales del conjunto serrano, que actualmente presenta un predominio del matorral preforestal de degradación. En este contexto, y como fórmula para subsanar el referido déficit de conocimiento en el área de estudio, el objetivo de esta investigación es alcanzar una primera aproximación paleobiogeográfica a la Sierra del Tablón a partir del análisis pedoantracológico que permita establecer algunas claves iniciales para entender el paisaje vegetal durante el Pleistoceno Superior y el Holoceno.

Los resultados obtenidos a partir de la consecución del objetivo de partida proporcionan un conocimiento inédito de la componente vegetal que en parte pobló la Sierra del Tablón en el pasado, lo que puede contribuir a consolidar los esfuerzos realizados hasta la fecha para reconstruir la paleobiogeografía de la Serranía de Ronda.

MÉTODOS

Contexto territorial. La Sierra del Tablón (36° 59' 56" N, 5° 10' 23" W) (figura 1) se localiza entre los municipios sevillanos de Pruna y Algámitas, pertenecientes a la demarcación territorial de la Sierra Sur de Sevilla, y constituye una de las estribaciones montañosas más septentrionales de la Serranía de Ronda entendida como conjunto montañoso ubicado en Andalucía. Forma parte del complejo serrano de Las Tres Sierras, integrado por tres macizos eminentemente calcáreos y bien diferenciados desde un punto de vista topográfico: la Sierra del Tablón pro-

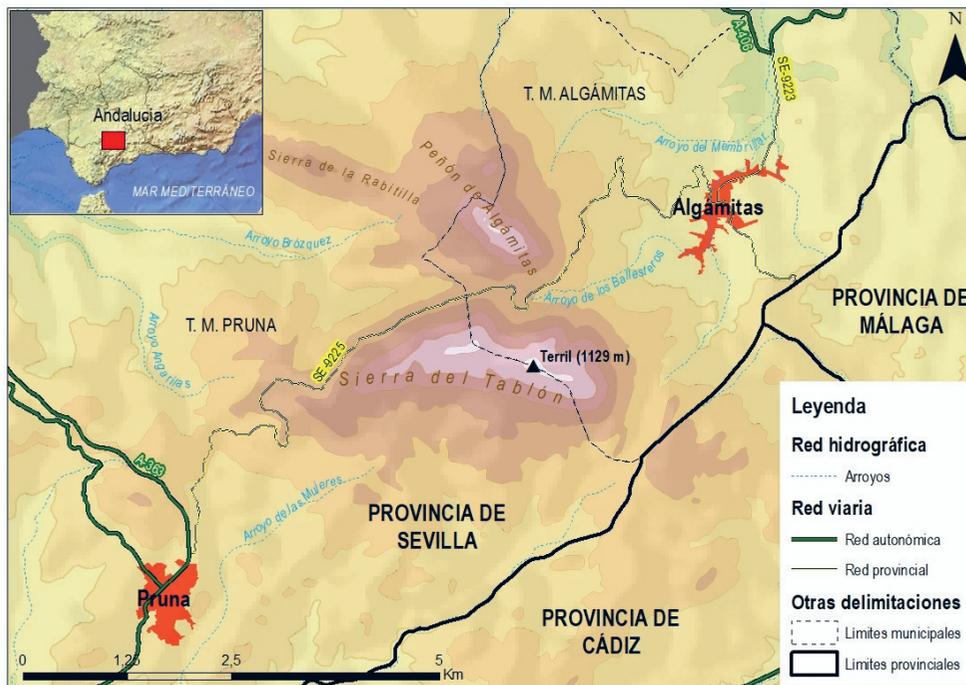


Figura 1. Mapa de situación del ámbito de estudio. Fuente: elaboración propia a partir de la Red de Información Ambiental de Andalucía. Location map of the study area. Source: authors from the Andalusian Environmental Information Network.

piamente dicha, donde se encuentra el punto culminante del conjunto montañoso y máxima altitud de la provincia de Sevilla (Terril, 1.129 m s.n.m.); el Peñón de Algámitas (1.121 m s.n.m.), al norte de la unidad anterior y separada de esta por el Puerto del Zamorano; y la Sierra de la Rabi-tilla, al noroeste de ambas (833 m s.n.m.).

Caracterización geológica. Desde el punto de vista geológico, y según recoge el Instituto Geológico y Minero de España en las memorias asociadas a las hojas 1.021, 1.022, 1.036 y 1.037, la Sierra del Tablón pertenece al Subbético Interno de la Cordillera Bética, presentando una litología dominada por rocas carbonatadas mesozoicas, en esencia calizas margosas, calizas con sílex, dolomías y margocalizas principalmente jurásicas (localmente cretácicas),

además de areniscas calcáreas bioclásticas neógenas y otros materiales recientes en forma de derrubios y depósitos de ladera.

Caracterización geomorfológica. Desde un punto de vis-to geomorfológico, la Sierra del Tablón presenta un perfil suave, alomado, que contrasta con el abrupto Peñón de Algámitas. Esto es debido al predominio de margocalizas y al remodelado causado por la gliptogénesis de ladera. De acuerdo con Díaz del Olmo (1981), la vertiente sep- tentrional del Terril tiene un modelado general de tipo *Ri- chter* que evidencia la herencia de un periodo frío (Würm), conservado gracias a la protección de la cubierta vegetal (figura 2). En la ladera meridional, por su parte, hay ex- celentes ejemplos de movimientos en masa, que se ligan a



Figura 2. Contraste del relieve alomado de la Sierra del Tablón con el abrupto Peñón de Algámitas (arriba). Detalle de la ladera norte del Terril estabilizada por la vegetación y de los depósitos de ladera descubiertos en una cantera (abajo). Fuente: autores.

Contrast of the hilly relief of the Sierra del Tablón with the steep Peñón de Algámitas (top). Detail of the Terril northern slope stabilized by vegetation and of the slope deposits uncovered in a quarry (bottom). Source: authors.

procesos de reptación. Fruto de la naturaleza carbonatada y del carácter estructural del macizo, el Tablón está afectado por procesos de karstificación generalizados, destacando el desarrollo de lapiaces y la presencia de surgencias como las fuentes del Chapatal, del Duque y Alta, ubicadas en las partes basales. La red hidrográfica no presenta gran complejidad ni diversidad, destacando únicamente los siguientes elementos fluviales: Arroyo de las Mujeres, Arroyo Algámitas, Arroyo Brázquez, Arroyo de los Ballesteros y Arroyo del Membrillar. En conjunto, predominan los suelos delgados y pedregosos, asimilables a tipologías de leptosol-regosol calcáreo, que solo adquieren algo más de desarrollo en las posiciones topográficamente más llanas, collados y piedemonte de menor pendiente.

Caracterización climática. El clima, de acuerdo con la clasificación climática elaborada por Olmedo-Cobo y Gómez-Zotano (2017) para el conjunto de la Serranía de Ronda, es de tipo mediterráneo semi-oceánico subhúmedo. Presenta una moderada influencia oceánica, lo que unido al carácter de pantalla que adquiere el macizo frente a los vientos del oeste y su relativa altitud, favorece un ambiente relativamente húmedo entre otoño y primavera, con una pluviosidad notable, que se estima cercana a o superior a los 1.200 mm año⁻¹ en las cumbres, (934 mm año⁻¹ en Algámitas a 423 m s.n.m. y 803 mm año⁻¹ en Pruna a 549 m s.n.m.). Las temperaturas son suaves en invierno, moderadamente altas en verano, con episodios de calor intenso solo mitigados en las zonas más elevadas y gracias a la influencia oceánica, cuyo efecto se deja notar con prontitud cuando los vientos rolan a poniente; los valores medios anuales oscilan en cotas bajas entre los 15 °C de la localidad de Algámitas y los 17 °C de la cercana Olvera (540 m s.n.m.), destacando la escasa importancia de heladas durante el invierno, concentradas en los valles más profundos bajo situaciones de inversión térmica y en las cumbres durante advecciones intensas de aire frío.

Caracterización biogeográfica. Desde el punto de vista biogeográfico, a partir de lo establecido por Rivas-Martínez *et al.* (2017), se puede considerar que el macizo se encuentra en un área de transición entre los sectores Rondeño e Hispalense de la provincia Bética (región Mediterránea), incluso con cierta influencia florística del sector Gaditano –distrito Jerezano– de la provincia Gaditano-Onubo-Algarviense. En este contexto, y bajo unas condiciones bioclimáticas mesomediterráneas subhúmedas –localmente húmedas– y termomediterráneas seco-subhúmedas, la vegetación potencial corresponde a bosques esclerófilos de encinas y quejigos, que se enriquecen con especies termófilas en cotas bajas.

En concreto, se puede considerar como dominante la serie de vegetación *Paeonio coriaceae-Querceto rotundifoliae*, definida como la serie bética de los bosques de *Quercus rotundifolia* Lam. con *Paeonia coriacea* Boiss., de carácter climatófilo, calcícola y dolomíticola, de dis-

tribución bioclimática mesomediterránea seco-húmeda (Rivas-Martínez *et al.* 2017). En este caso, la etapa clímax de encinar aparece acompañada de quejigos (*Quercus faginea* Lam.), siendo reconocible, por tanto, la subasociación *quercetosum faginae* del encinar bético. En cotas inferiores, la serie de vegetación se enriquece con elementos termófilos, a la vez que desaparecen localmente los taxones propios de las condiciones de mayor humedad, relegados a las posiciones superiores y umbrías principales. En cualquier caso, el aspecto de la etapa clímax de la serie de vegetación de todas las facies consideradas se encuentra notablemente degradado, predominando bien un encinar joven en regeneración, enriquecido con quejigos, acebuches (*Olea europaea* L.), madroños (*Arbutus unedo* L.) y puntualmente algarrobos (*Ceratonia siliqua* L.), bien un chaparral consecuencia de la regeneración vegetativa de *Q. rotundifolia* tras sucesivas talas para carboneo u obtención de leña décadas atrás (figura 3). El dosel arbustivo preforestal y el matorral serial de degradación –principal formación vegetal del ámbito de estudio– lo integran taxones como *Q. coccifera* L., *Pistacia lentiscus* L., *Crataegus monogyna* Jacq., *Juniperus oxycedrus* L., *Cistus albidus* L., *Chamaerops humilis* L., *Lavandula lanata* Boiss., *Thymus mastichina* (L.) L., *Daphne gnidium* L., *Ulex parviflorus* Pourr. y *Phlomis purpurea* L.

Asimismo, estos encinares basales muestran una sucesiva transición hacia los acebuchales termófilos béticos de *Olea europaea*, asentados preferentemente sobre suelos arcillosos, y que son asimilables a la serie *Tamo communis-Oleeto sylvestris*, propia de ambientes termomediterráneos subhúmedo-húmedos. Sin embargo, conviene aclarar que estas formaciones de olivar silvestre, que en estado maduro están representadas por acebuchales acompañados de lentiscas de *P. lentiscus* con espinos negros (*Rhamnus lycioides* L. subsp. *oleoides* (L.) Maire), son difícilmente reconocibles en el ámbito de estudio, habiendo sido sustituidas en la mayor parte de los casos por aulagares-matorrales de degradación cuando no por cultivos.

Evolución reciente de la cubierta vegetal (1956-2019). Este análisis se ha realizado mediante la diferenciación fisionómica de las principales formaciones vegetales existentes en el área de estudio para las dos fechas consideradas. Su delimitación se ha llevado a cabo utilizando ArcGis 10.1, siendo el criterio experto, a partir de la vegetación existente en la actualidad, la clave fundamental para la digitalización de polígonos sobre la imagen aérea del año 1956 (habida cuenta de la inexistencia de fuentes de información fiables sobre coberturas vegetales y/o forestales para la época). En el primer caso, la delimitación de unidades actuales se sustenta, además, en el trabajo de campo, que ha consistido en el reconocimiento *in situ* de la flora predominante para la determinación de las formaciones vegetales que previamente habían sido delimitadas sobre fotografía aérea, con el objetivo de su comprobación y corrección mediante el SIG en caso necesario.

El análisis comparativo de las ortofotografías de los años 1956 y 2019 (figura 4) muestra, en términos generales, un aumento significativo de la densidad vegetal en el área de estudio, en particular de las coberturas de matorral y arbustiva, y, en menor medida, de la de encinar joven-chaparral. Esta tendencia concuerda con la regeneración general de matorrales y, en menor medida, de bosques, que se ha producido a lo largo de la segunda mitad del siglo XX en la Serranía de Ronda, consecuencia del abandono parcial de muchas de las actividades tradicionales que sustentaba antaño el monte. En 1956 se puede comprobar como buena parte del piedemonte de la Sierra del Tablón, así como las lomas arcillosas circundantes (campiña), presentaban un aspecto de mosaico entre cultivos de secano (herbáceos y olivar principalmente) y restos de vegetación natural, fundamentalmente matorral, sin que las teselas de bosques fueran mínimamente destacables. En la actualidad, este espacio circundante sigue presentando esta dualidad de usos del suelo, habiéndose dado un retroceso de la campiña cerealista a favor de la campiña olivarera; también se aprecia cierto aumento de la densidad del matorral, que en muchos casos aparece enriquecido con encinas y quejigos, árboles que puntualmente han conseguido prosperar hasta formar pequeños bosquetes todavía inmaduros.

En la sierra propiamente dicha cabe destacar, en primer lugar, la elevada densidad del matorral que existía en 1956 en la umbría del pico Terril, incluso con rodales de encinar o chaparral —presumiblemente con quejigos—; un hecho que se puede relacionar con la fuerte pendiente de estas laderas, lo que seguramente permitió la conservación, aunque degradada, de la cubierta vegetal leñosa en su conjunto. En contraste, la parte cimera presentaba un recubrimiento muy ralo debido al pastoreo, dado su perfil suave y mayor accesibilidad desde la ladera de mediodía, cuya vegetación aparecía igualmente muy castigada; es de suponer, a juzgar por la imagen, que, junto a las pequeñas e irregulares manchas de encinar-chaparral que se pueden reconocer en la imagen del año 1956, predominasen pastos herbáceos y tomillares nitrófilos propios de áreas intensamente pastoreadas. Asimismo, y como antes se señalaba, la menor pendiente de la ladera favorecía en este caso la aparición de extensiones roturadas para cultivos de secano.

La evolución de la vegetación desde entonces ha estado marcada por un progresivo aumento de la densidad vegetal de las diferentes facies leñosas, habiéndose convertido la umbría del pico Terril en un denso entramado de matorral y formaciones arbustivas arborescentes, acompañadas de encinas y quejigos, con extensiones variables de chaparral-encinar joven. La arista y la zona superior de la



Figura 3. Encinar joven en regeneración predominante en la Sierra del Tablón, orlado por una facies predominantemente arbustiva de *Q. coccifera*, *C. monogyna* y *J. oxycedrus*, aunque con elementos arborescentes (principalmente *P. lentiscus*). La degradación de ambas etapas deja paso a un matorral serial integrado esencialmente por *C. albidus*, *U. parviflorus* y *P. purpurea*. Allí donde la pendiente lo permite, el suelo está ocupado por el cultivo de olivar. Umbría del pico Terril. Fuente: autores.

Young forest of *Q. rotundifolia* in regeneration, which is predominant in the Sierra del Tablón, accompanied by different shrub species such as *Q. coccifera*, *C. monogyna* y *J. oxycedrus*, and some arborescent taxa (mostly *P. lentiscus*). The degradation of both stages is replaced by a scrubland dominated by *C. albidus*, *U. parviflorus* y *P. purpurea*. Ploughed land occupied by olive groves is located on a gentler slope. Source: authors.

ladera solana siguen siendo las partes más degradadas por el pastoreo, prevaleciendo —como en 1956— formaciones de pastos herbáceos y tomillares nitrófilos. En cotas inferiores, el mosaico entre cultivos y vegetación todavía es una realidad, aunque se aprecia claramente un aumento en la densidad del matorral y del número y tamaño de

encinas, con algunos rodales arbolados que constituyen incipientes bosques.

Este proceso de regeneración, maduración e incremento de la densidad de las diferentes coberturas vegetales leñosas (de matorral, arbustivas y de arbolado) se ha visto frenado, no obstante, por dos incendios forestales sucedi-

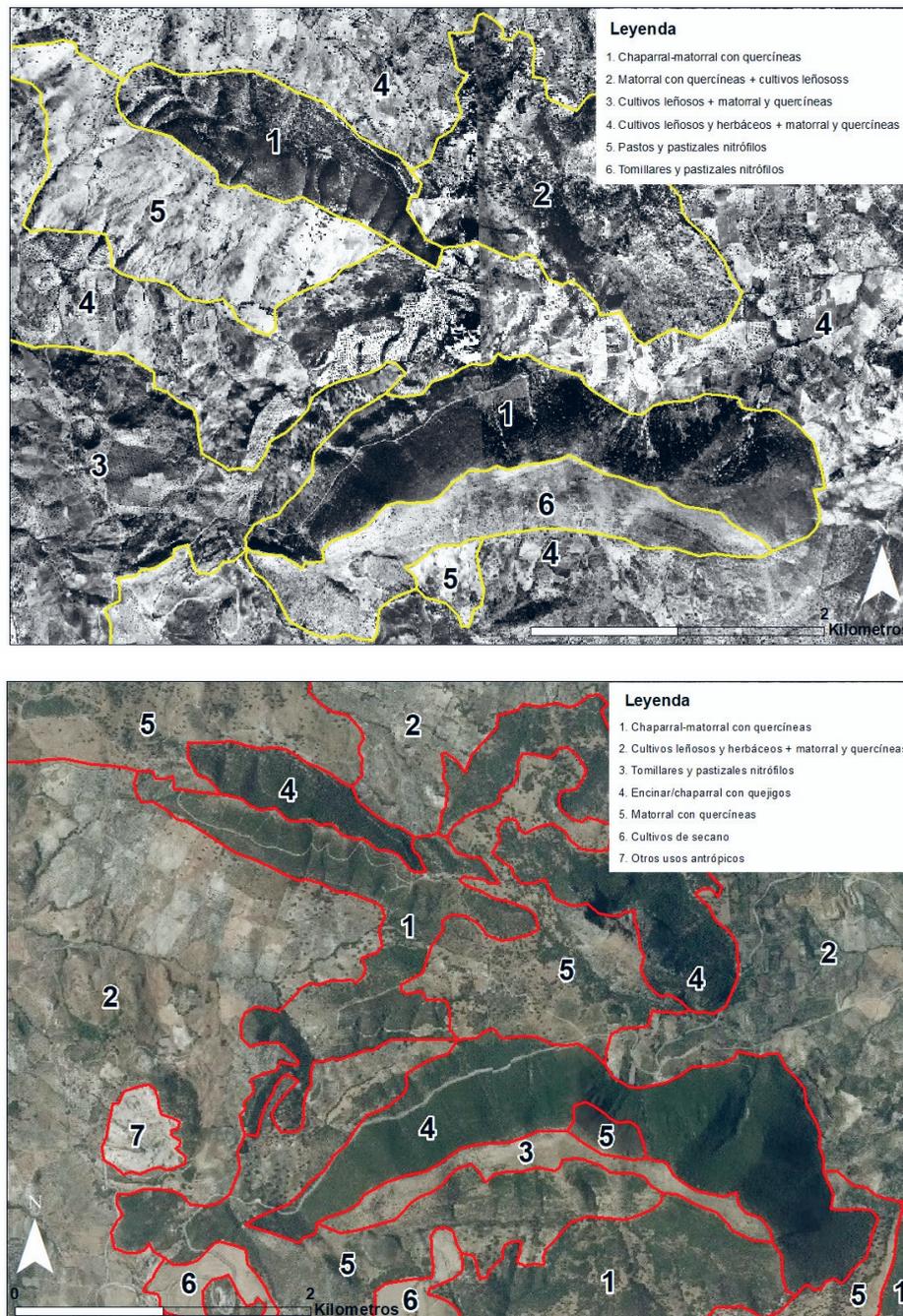


Figura 4. Ortofotografías de la Sierra del Tablón correspondientes al vuelo americano de 1956 (arriba) y al vuelo PNOA de 2019 (abajo). Fuente: elaboración propia a partir de la información disponible en el Centro Nacional de Información Geográfica y la Red de Información Ambiental de Andalucía.

Orthophotographs of the Sierra del Tablón corresponding to the American flight of 1956 (top) and the PNOA flight of 2019 (bottom). Source: authors from the available information in the National Center of Geographic Information and the Andalusian Environmental Information Network.

dos en 1989 y 1991, que calcinaron respectivamente 94,4 y 8,46 hectáreas (Araque-Jiménez 2013) (figura 5).

Análisis pedoantracológico. Para acometer la aproximación paleobiogeográfica en el ámbito de estudio se ha empleado la pedoantracología como metodología principal de trabajo. Este método consiste en la toma de muestras de suelo para la búsqueda e identificación de carbones procedentes de incendios forestales, permitiendo reconstruir con gran precisión espacial la historia de la vegetación leñosa quemada en diferentes episodios de fuego. Más concretamente, se ha adoptado la secuencia de etapas de trabajo propuesta por Cunill (2010), la cual consta de las siguientes etapas de trabajo:

(1) Trabajo de campo. Se han llevado a cabo dos catas pedológicas en sendas localidades de muestreo (figura 6, cuadros 1 y 2). La elección de ambas localizaciones se ha encontrado condicionada por factores como la presencia de suelos relativamente profundos y la existencia de pendientes no demasiado pronunciadas (< 15 %). Tras la excavación, se ha procedido a la recogida de muestras de suelo (entre 3 y 10 kg por nivel de muestreo, correspondientes con cada uno de los horizontes edáficos).

(2) Trabajo de laboratorio. La segunda etapa corresponde al análisis antracológico en laboratorio que supone el tratamiento de las muestras mediante:

- Tamizado con agua a través de cribas de 0,8, 2 y 5 mm de las muestras de suelo recogidas en campo.
- Triado del carbón—desechando la fracción mineral residual— para su posterior análisis al microscopio.

- Cálculo de antracomasa, valor que relaciona el peso en miligramos del carbón recuperado en cada nivel de muestreo con el peso en kilogramos de la muestra una vez se le resta a esta el peso del material mineral atrapado –sobrante– en la luz de malla de 5 mm.
- Identificación taxonómica de los carbones seleccionados mediante el empleo de un microscopio óptico de luz reflejada Olympus BX 51 (50x, 100x, 200x y 500x) y de una lupa binocular C-LEDS. Las muestras han sido preparadas convenientemente para su identificación. Mediante pinzas y bisturí se han realizado diferentes cortes con el objetivo de distinguir los tres planos anatómicos de la madera (plano transversal, plano longitudinal tangencial y plano longitudinal radial), requisito fundamental para discriminar características anatómicas clave. Esta tarea se ha apoyado en los diferentes manuales de taxonomía de maderas existentes (Vernet *et al.* 2001), así como en la colección de leñosas carbonizadas disponible en la antracoteca del laboratorio de Geografía Física de la Universidad de Granada. El número máximo de carbones por cada nivel de muestreo ha oscilado entre 50 y 100 fragmentos.
- Datación de muestras en el laboratorio especializado Alfred Wegener Institute (Bremerhaven, Alemania) y su posterior calibración con el programa Oxcal 4.4 y la base de datos IntCal20, 2 sigma (95 % probabilidad).



Figura 5. Áreas afectadas por los incendios forestales en 1989 y 1991. Fuente: elaboración propia a partir de la Red de Información Ambiental de Andalucía.

Areas affected by the forest fires of 1989 and 1991. Source: authors from the Andalusian Environmental Information Network.

RESULTADOS

El primer muestreo (37° 00' 01" N, 5° 11' 10" W) (figura 7), de una profundidad de 93 cm y 3 niveles edáficos, se ha llevado a cabo en las proximidades de la cumbre El Terril, a una altitud de 1.066 m s.n.m. -piso bioclimático mesomediterráneo subhúmedo-. El enclave seleccionado ha sido un pequeño rellano de moderada pendiente, con un

suelo de tipo regosol-leptosol calcáreo, con moderada pedregosidad de tamaño medio. La fitocenosis dominante en este lugar corresponde a un encinar aclarado, en parte achaparrado, en fase de regeneración, destacando taxones como *Q. rotundifolia*, *C. monogyna*, *Asphodelus* sp. y *C. albidus*, y en menor medida *Q. coccifera*, *T. mastichina*, *Genista cinerea* (Vill.) DC., *P. lentiscus*, *C. humilis* y *D. gnidium*. En las posiciones más abiertas se desarrollan prados sub-

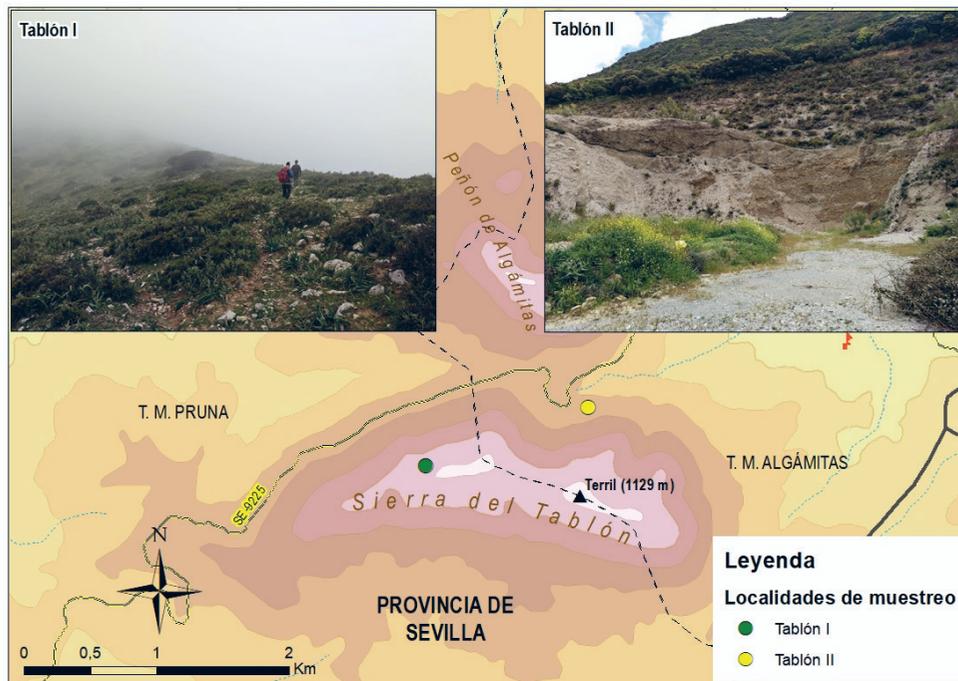


Figura 6. Localidades de muestreo en la Sierra del Tablón.
 Sampling locations in the Sierra del Tablón.

Cuadro 1. Datos geográficos de la localidad de muestreo Tablón I.
 Geographical data of the sampling location Tablón I.

Tablón I	
Coordenadas (ETRS89)	37° 00' 01" N; 5° 11' 10" W (X = 305459; Y = 4097156)
Altitud (m s.n.m.) y bioclima	1.066 – Mesomediterráneo subhúmedo
Ambiente geocológico	Ladera N (pendiente del 15 %) – Prado subnitrofilo en claro de encinar en regeneración
Sustrato y tipo de suelo	Calizas margosas negras; regosol-leptosol calcáreo con moderada pedregosidad de tamaño medio
Profundidad del muestreo (cm)	93
Niveles de muestreo	3
Vegetación y biogeografía	Prado en claro de encinar en regeneración. Subsector Rondense, Sector Rondeño, Provincia Bética.
Inventario florístico y serie fitosociológica	<i>Quercus rotundifolia</i> (3), <i>Cistus albidus</i> (2), <i>Quercus coccifera</i> (1), <i>Crataegus monogyna</i> (1), <i>Asphodelus</i> sp. (1), <i>Orchis lutea</i> (+), <i>Paeonia coriacea</i> (+), <i>Thymus mastichina</i> (+), <i>Genista</i> sp. (+), <i>Chamaerops humilis</i> (+), <i>Daphne gnidium</i> (+), <i>Pistacia lentiscus</i> (+). Serie: <i>Paeonio-Querceto rotundifoliae quercetosum faginae</i> .

nitrófilos debido al frecuente paso de ganado doméstico, habiendo sido en uno de estos claros donde se efectuó en muestreo al constatarse un mayor espesor edáfico.

La cantidad de carbón encontrada ha sido muy escasa, en concreto un total de 109 fragmentos de diferente tamaño, que en su conjunto han supuesto una antracomasa de 49,7 mg kg⁻¹ (28,2 en el nivel I; 6,3 en el nivel II; y 15,2 en el nivel III). Respecto a las identificaciones taxonómicas de las 109 muestras, han predominado las familias de las labiáceas (27 fragmentos, 25 % del total) y, en menor medida, las leguminosas (8 muestras, 7 % del total). En cuanto a géneros, es *Cistus* con un 11 % del total de los carbones identificados el más representativo. A este lo acompañan *Quercus*, sin que haya podido establecerse su carácter arbóreo/arbustivo ni perennifolio/caducifolio al no alcanzarse el nivel de identificación de especie, y *Thymus*, con una representatividad del 6 y del 3 % respectivamente. Otros

géneros, como *Genista* y *Daphne*, apenas suponen un 2 % del total de fragmentos analizados. A nivel de especie, solo destaca la aparición de *P. lentiscus*, con un 8 % del total de fragmentos analizados y una mínima presencia de *A. unedo*. Especial atención merecen los carbones vitrificados, que representan un 39 % del total (42 de los 109 carbones identificados), estando integrados por fragmentos sin identificar (indeterminados) o bien por muestras atribuidas a angiospermas sin que haya sido posible alcanzar una mayor precisión en la identificación.

El segundo muestreo (37° 00' 16" N, 5° 10' 21" W) (figura 8) se ha realizado a 738 m s.n.m. en la vertiente noroccidental de la Sierra del Tablón. Se trata de una ladera con una pendiente del 10 %, con suelos de tipo regosol-leptosol calcáreo, con moderada pedregosidad de tamaño medio, y que se localiza en la transición entre los pisos bioclimáticos mesomediterráneo inferior y termo-

Cuadro 2. Datos geográficos de la localidad de muestreo Tablón II.
 Geographical data of the sampling location Tablón II.

Tablón II	
Coordenadas (ETRS89)	37° 00' 16" N; 5° 10' 21" W (X = 306685; Y = 4097598)
Altitud (m s.n.m.) y bioclima	738 – Mesomediterráneo inferior-termomediterráneo superior subhúmedo
Ambiente geocológico	Ladera N-NW (pendiente del 10 %) – Encinar con quejigos y madroños
Sustrato y tipo de suelo	Calizas margosas negras y margocalizas; regosol-leptosol calcáreo con moderada pedregosidad de tamaño medio
Profundidad del muestreo (cm)	64
Niveles de muestreo	3
Vegetación y biogeografía	Encinar con quejigos y madroños. Subsector Rondense, Sector Rondeño, Provincia Bética.
Inventario florístico y serie fitosociológica	<i>Quercus rotundifolia</i> (4), <i>Quercus faginea</i> (+), <i>Arbutus unedo</i> (+), <i>Lonicera</i> sp. (2), <i>Cistus albidus</i> (2), <i>Crataegus monogyna</i> (1), <i>Cistus salvifolius</i> (+), <i>Ulex parviflorus</i> (+), <i>Genista</i> sp. (+), <i>Rosa canina</i> (+), <i>Phlomis purpurea</i> (+), <i>Pistacia lentiscus</i> (+), <i>Chamaerops humilis</i> (+), <i>Rubia peregrina</i> (+). Serie: <i>Paeonio-Querceto rotundifoliae</i> faciación termófila (transición a <i>PQ</i> hispalense).

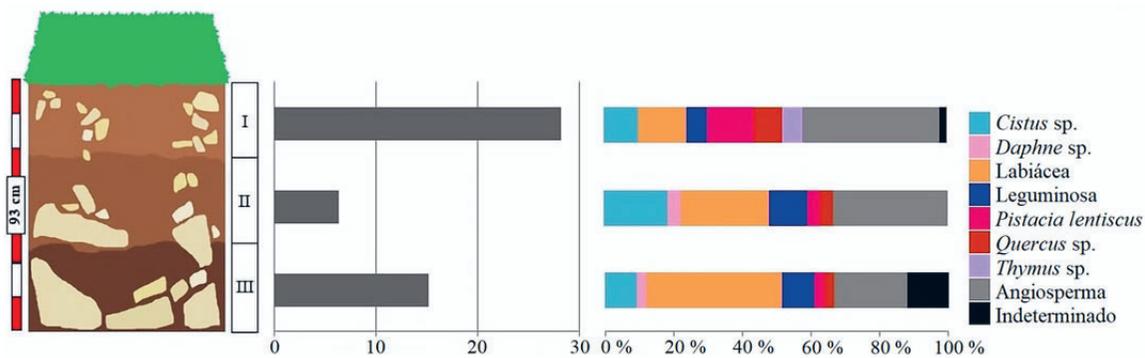


Figura 7. Perfil edáfico, valores de antracomasa (mg kg⁻¹) y taxones identificados por nivel de muestreo en Tablón I. Fuente: autores
 Edaphic profile, antracomass values (mg kg⁻¹) and taxa identified by sampling level in Tablón I. Source: authors.

mediterráneo superior, bajo condiciones subhúmedas. Se han podido tomar muestras de tres niveles edáficos en un perfil de 64 cm de profundidad, en un ambiente ecológico marcado por el desarrollo de un encinar (*Q. rotundifolia*) con quejigos (*Q. faginea*) y madroños (*A. unedo*), en el que son frecuentes arbustos preforestales y de especies del matorral de degradación como *Lonicera* sp., *C. monogyna*, *Rosa canina* L., *G. cinerea*, *P. lentiscus*, *C. albidus*, *C. salvifolius* L., *U. parviflorus*, *P. purpurea* y *C. humilis*.

En este caso, el valor global de antracomasa ha sido significativamente mayor que en la localidad anterior, situándose en 186,4 mg kg⁻¹ (84 fragmentos), si bien no deja de ser una tasa notablemente baja. Ha sido el nivel más superficial (I) el que ha presentado el valor de antracomasa más alto, con 163,7 mg kg⁻¹, disminuyendo este valor a mayor profundidad (17,7 mg kg⁻¹ en el nivel II y 5 mg kg⁻¹ en el nivel III). Respecto al análisis taxonómico, una vez sometidos a identificación el total de los 84 carbones recuperados, destaca el porcentaje de fragmentos atribuidos a los géneros *Quercus* (24 %) y *Cistus* (18 %), mientras que *Pistacia*, *Phlomis* y *Lonicera* apenas tienen una representatividad del 2 %, además de otras muestras pertenecientes a las familias de las labiáceas y las timeláceas (5 y 2 % respectivamente). A nivel de especie, solo se han podido diferenciar algunos fragmentos de *Quercus* sp. perennes sin que, al igual que en Tablón I, haya sido posible discriminar entre taxones arbóreos y arbustivos, además de *A.*

unedo, en este caso con una representación de un 7 % del total de las muestras. Por último, los carbones vitrificados también tienen una significación importante, con más de un 30 % considerando las muestras atribuidas a angiospermas y aquellas en las que no ha sido posible determinación alguna (indeterminados).

Una vez concluida la fase de identificación, y atendiendo al objetivo general de la investigación, se ha priorizado la identificación de muestras correspondientes a taxones arbóreos ya que estos constituyen –por encima de los de carácter arbustivo– los mejores indicadores para la reconstrucción, en este caso, de la historia de las comunidades boscosas. Siguiendo esta pauta, se sometió a datación radiocarbónica un total de cuatro fragmentos de carbón, tres de los cuales procedentes del material recuperado en el muestreo de Tablón II (dos correspondientes a *Quercus* sp. y uno a *Pinus* sp.) y uno más (*Quercus* sp.) de las muestras de Tablón I (cuadro 3).

En el caso de Tablón I, la única muestra datada, correspondiente a un fragmento de *Quercus* sp. encontrado en el nivel III del muestreo, presenta una antigüedad de 1.500 - 1.455 años cal BP, sin que se haya podido precisar la especie concreta o si se trataba de *Quercus* perenne o *Quercus* caduco. Notablemente más antiguas son las dos cronologías milenarias obtenidas para sendos fragmentos de *Quercus* sp. y *Pinus* sp. de Tablón II, ambos recuperados del nivel III; en el primer caso, se trata de un fragmen-

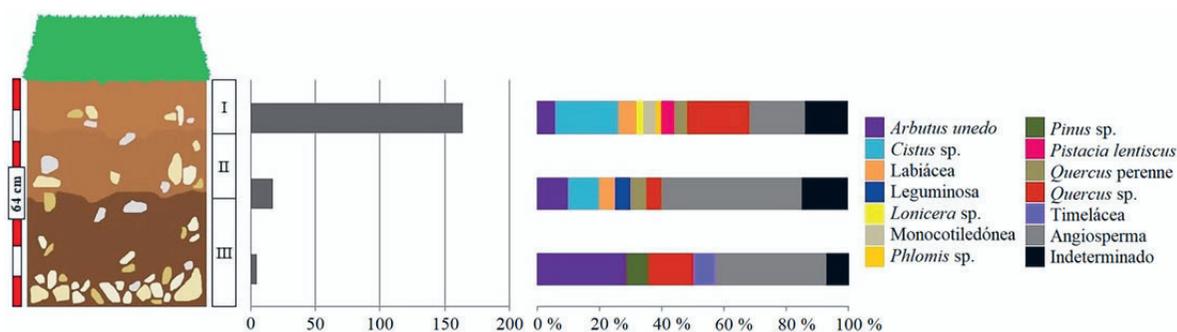


Figura 8. Perfil edáfico, valores de antracomasa (mg kg⁻¹) y taxones identificados por nivel de muestreo en Tablón II. Fuente: autores.
 Edaphic profile, antracomass values (mg kg⁻¹) and taxa identified by sampling level in Tablón II. Source: authors.

Cuadro 3. Dataciones radiocarbónicas obtenidas para diferentes fragmentos de los géneros *Quercus* (3) y *Pinus* (1). Fuente: autores.
 Radiocarbon datings obtained for different fragments of the genus *Quercus* (3) and *Pinus* (1). Source: authors.

Localización	Código de laboratorio	Nivel de muestreo	Taxón	Edad convencional (C ¹⁴ años BP)	Edad calibrada (años BP) (95 %)
Tablón I	TEIII - 18	III	<i>Quercus</i> sp.	1.560 ± 16	1.500 - 1.455
	TAIII - 3	III	<i>Quercus</i> sp.	151 ± 54	286 - 156
Tablón II	TAIII - 4	III	<i>Quercus</i> sp.	8.594 ± 22	9.643 - 9.566
	TAIII - 8	III	<i>Pinus</i> sp.	11.767 ± 108	14.013 - 13.440

to con una edad de 9.643 - 9.566 años cal BP, sin que tampoco se haya podido alcanzar la identificación a nivel de especie, mientras que en el caso de la muestra de *Pinus* sp., esta presenta una antigüedad de 14.013 - 13.440 años cal BP. Cabe destacar, en este último caso, que este fragmento de *Pinus*, como género vegetal, no encuentra representación actual en el ámbito de estudio, lo que podría resultar un aspecto clave para detectar cambios en la dinámica vegetal de este sector en torno al comienzo del máximo Tardiglaciario. Finalmente, el tercer fragmento datado de Tablón II corresponde a otra muestra de *Quercus* a nivel de género (también hallada en el nivel III), aunque en este caso se trata de un carbón de origen más reciente, con una edad de 286 - 156 años cal BP.

DISCUSIÓN

El estudio pedoantracológico realizado durante esta investigación, junto a la datación radiocarbónica de diferentes fragmentos de carbón (3 del género *Quercus* y 1 del género *Pinus*), han posibilitado un primer acercamiento a la paleoecología del sector más septentrional de la Serranía de Ronda, lo que resulta un avance inicial, aunque significativo, en el conocimiento paleobiogeográfico de esta región habida cuenta de la total ausencia hasta el momento de este tipo información.

En primer lugar, cabe destacar que, de las diferentes cronologías obtenidas, sobresale la antigüedad de la muestra datada de *Pinus* sp., que se remonta a hace 14.013 - 13.440 años cal BP, la mayor hasta la fecha para el conjunto de la Serranía de Ronda según los estudios recogidos en Gómez-Zotano y Olmedo (2021). Un hallazgo que podría ayudar a desvelar que determinadas formaciones de coníferas, en este caso pinares, formaron parte del paisaje vegetal de este sector durante el Tardiglaciario. En este sentido, Badal *et al.* (2013) confirman la existencia de pinares durante finales del Solutrense (15.000 años BP) en cotas bajas del sur peninsular (< 1.000 m s.n.m.) a partir de registros sedimentarios obtenidos en las cuevas litorales de Gorham (Gibraltar) y Nerja (Málaga), en un periodo donde las actuales condiciones de los pisos bioclimáticos supramediterráneo superior/oromediterráneo serían los protagonistas en el ámbito de estudio. Paralelamente, varios registros palinológicos y antracológicos han revelado la presencia milenaria de diferentes especies de *Pinus* altimontanas —en concreto *P. nigra* Arnold y *P. sylvestris* L.— en el flanco suroccidental de la Bética y costa sur peninsular (Carrión *et al.* 2008, 2010, López-Sáez *et al.* 2008, Fernández *et al.* 2021). Por tanto, es plausible que, bajo condiciones sensiblemente más frías que las actuales, determinadas especies de *Pinus*, hoy consideradas de alta montaña en la Bética, formasen parte del estrato arbóreo de la Sierra del Tablón a finales del Pleistoceno.

Esta hipótesis queda reforzada, además, por el reciente hallazgo de carbón de *Pinus* sp. con cronologías diez-milenarias en la cercana Sierra de Jarastepar (Gómez-Zotano

y Olmedo-Cobo 2021), y, asimismo, a partir de la constatación del rol que *P. pinaster* Aiton tuvo en los paisajes béticos del Pleistoceno Superior y Holoceno (Carrión *et al.* 2004, Gómez-Zotano *et al.* 2017, Olmedo-Cobo *et al.* 2019). Otra cuestión que se puede discutir, considerando la ausencia en la actualidad de formaciones de *Pinus* en el área de estudio, así como en su entorno montañoso más inmediato, es cuándo se produjo su retraimiento en este extremo noroccidental de la Serranía. En este sentido, durante los primeros compases del Holoceno, la progresiva instauración de condiciones ambientales más cálidas y secas en el sur de la península ibérica (Jalut *et al.* 2000, Cacho *et al.* 2001) podría haber favorecido la gradual sucesión de estas coníferas a favor de taxones más termófilos, como *Quercus* sp. A partir de toda esta información se podría inferir el posible papel de refugio glacial que pudo desempeñar la Sierra del Tablón para ciertas coníferas —al menos para un taxón correspondiente al género *Pinus*— durante las últimas fases del Pleistoceno, coincidiendo con un periodo de trascendental importancia desde el punto de vista paleoambiental (López-Sáez *et al.* 2008).

En cualquier caso, este hallazgo incorpora la Sierra del Tablón al conjunto de territorios de la Cordillera Bética y de otras amplias regiones del sur peninsular, para los que se ha constatado el importante papel ecológico que determinados bosques de coníferas (pinares, abetales, sabinares) habrían tenido en sus paisajes vegetales durante el Cuaternario, en particular en la transición Pleistoceno-Holoceno (Carrión *et al.* 2004, 2010, Badal *et al.* 2013). No obstante, la imposibilidad de concretar la especie y el hecho de que estas hipótesis para el caso de la Sierra del Tablón se consideren a partir de una sola muestra de *Pinus*, obliga a ser cautos, y aconseja en cualquier caso el desarrollo de nuevos trabajos de campo en la localidad para confirmar o refutar la misma, así como para reforzar y ampliar las conclusiones que se puedan extraer, en su caso, respecto a la presencia pretérita de *Pinus* en este macizo.

Por lo que respecta a las cronologías obtenidas para los 3 fragmentos de *Quercus* sp. sometidos a datación, se puede confirmar la presencia de este taxón durante los últimos 10.000 años en el área de estudio. Sin embargo, al igual que ha sucedido con el fragmento hallado de *Pinus*, la identificación taxonómica de las muestras pertenecientes al género *Quercus* no ha permitido de manera general determinar el nivel de especie. Puntualmente, sí se ha podido discriminar el carácter perenne de unos pocos fragmentos de *Quercus*, aunque tampoco se ha podido establecer si se trata de muestras pertenecientes a árboles o arbustos, en este caso *Q. coccifera*, y en el caso de los primeros, si eran perennes, asimilables a *Q. rotundifolia*, o caduco-marcescentes, atribuibles a *Q. faginea* o, incluso, *Q. pyrenaica* Willd. o *Q. canariensis* Willd.

En este sentido, si bien es cierto que la caracterización climática realizada para el conjunto de la Serranía de Ronda determina un ombroclima húmedo (> 1.000 mm anuales) en este sector (Olmedo-Cobo y Gómez-Zotano 2017),

la escasa representación actual de *Q. faginea* en el macizo, junto a la exigua presencia de otras formaciones de quercíneas caducifolias y/o marcescentes (robleales de *Q. pyrenaica* y quejigales morunos de *Q. canariensis*) en el conjunto del extremo occidental de la Cordillera Bética, permite considerar que el fragmento del género *Quercus* con una antigüedad de 286 - 156 años cal BP pertenecería con mayor certeza a una quercínea perennifolia, bien *Q. rotundifolia* bien *Q. coccifera*.

Por tanto, se puede afirmar que la vegetación esclerófila dominante en la actualidad pudo haber integrado un paisaje mixto de coníferas y frondosas hacia finales del Pleistoceno, dejando paso durante el Holoceno a una floresta dominada por especies del género *Quercus*, con alta probabilidad de que el encinar fuese preponderante respecto al quejigal al final del periodo, habiéndose enriquecido paulatinamente de especies termófilas como *P. lentiscus* y *A. unedo*, tal y como atestigua el análisis pedoantracológico.

Por otra parte, los reducidos valores de antracomasa detectados sugieren la escasa incidencia que el fuego podría haber tenido en el pasado en el macizo. Sin embargo, y tal y como sucede en otros enclaves de naturaleza carbonatada de la Serranía de Ronda, este hecho podría explicarse por la reducida capacidad de los suelos derivados de sustratos calizo/dolomíticos para retener el carbón (Pardo-Martínez 2020). Además, la importancia que los incendios forestales han tenido en la configuración del paisaje vegetal de la Bética queda fuera de toda duda, siendo al mismo tiempo un elemento clave para explicar su enorme biodiversidad florística (Bond y Keeley 2005).

En cualquier caso, las cuatro dataciones se asocian a intervalos temporales que no se solapan entre sí, por lo que, inequívocamente, corresponden a cuatro eventos de fuego distintos, y que en última instancia ayudaron a configurar el paisaje vegetal actual. La contextualización de esta información con los registros arqueológicos, antracológicos y paleoambientales advierte del carácter natural de las perturbaciones de mayor antigüedad (14.013 - 13.440 y 9.643 - 9.566 años cal BP), coincidiendo con el fin del Máximo Glacial y con la llegada de condiciones ambientales más cálidas y secas respectivamente (Jalut *et al.* 2000). Por su parte, el evento de 1.500 - 1.455 años cal BP podría estar relacionado con el intenso proceso de deforestación que comenzaría en época romana en la zona (López-García y López-Sáez 1997, Rodríguez-Ariza y Esquivel 2004). Esta dinámica negativa para la conservación del estrato arbóreo se prolongaría durante los últimos siglos, como atestigua el último de los eventos de fuego detectado (286 - 156 años cal BP), si bien la repercusión sería mayor en los sectores central y meridional de la Serranía de Ronda (Alba-Sánchez *et al.* 2021), manteniéndose el flanco septentrional relativamente al margen de estos intensos procesos de explotación forestal desordenada y consiguiente degradación de la vegetación (López-García y López-Sáez 1997).

La información colectada, puesta en relación con otros análisis paleoecológicos e históricos, puede resultar de

utilidad para el desarrollo de estrategias conducentes a la recuperación de aquellos hábitats vegetales hoy desaparecidos y/o muy degradados, siempre y cuando las condiciones ecológicas actuales lo permitan. Es esta una cuestión especialmente relevante en el contexto actual de gestión forestal adaptativa frente al cambio climático en este tipo de enclaves montañosos donde la biota en general está profundamente alterada a consecuencia del uso antrópico del territorio.

CONCLUSIONES

La presente investigación ayuda a consolidar los esfuerzos realizados hasta la fecha para implementar la pedoantracología en los estudios paleoecológicos en la Serranía de Ronda. Las evidencias antracológicas halladas en la Sierra del Tablón aportan nueva información paleobiogeográfica que favorece el debate de las siguientes cuestiones:

- (a) La posible mayor diversidad arbórea durante la transición Pleistoceno-Holoceno en la Serranía de Ronda.
- (b) La dinámica de colonización de *Pinus* habida cuenta de su segura presencia en el pasado pese al aislamiento geográfico de la Sierra del Tablón.
- (c) La antigüedad del carbón de *Pinus* –la mayor hasta la fecha en el conjunto de la Serranía de Ronda– convertiría a la Sierra del Tablón en un posible refugio glacial de ciertas coníferas, tal y como se ha confirmado para otras especies de *Pinus* en determinadas áreas de la Serranía de Ronda.

En cualquier caso, es necesario nuevo trabajo de campo para confirmar o refutar estas hipótesis, y seguir, con ello, desentrañando la paleobiogeografía del conjunto de las Tres Sierras en el que se integra la Sierra del Tablón, el cual resulta claramente deficitario en el contexto de la Serranía de Ronda. Los esfuerzos futuros deberán encaminarse hacia la realización de nuevos muestreos pedoantracológicos y a la transferencia de los resultados de la investigación a las administraciones públicas y a empresas privadas con competencias en la gestión de los recursos forestales de esta emblemática sierra; la propuesta de un modelo de conectividad ecológica de los bosques de las Tres Sierras con el resto de la Serranía de Ronda, fundamentada en el conocimiento pasado (reconstrucción paleobiogeográfica), podría ser una herramienta de trabajo efectiva para la gestión adaptativa de las masas forestales frente al Cambio Climático.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

JGZ diseñó y coordinó el estudio, RPM realizó el análisis de laboratorio, JAOC contribuyó con la discusión e interpretación de los resultados. Los tres autores realizaron la toma de datos en terreno y prepararon el manuscrito.

FINANCIAMIENTO

La fuente de financiamiento procede del contrato predoctoral FPU (Formación de Profesorado Universitario) (Ref. 18/03023) financiado por el Ministerio de Educación del Gobierno de España, así como de los siguientes proyectos de investigación: PALEOPINSAPO (CSO2017-83576-P), PALEOPINSAPO II (PID2022-141592NB-I00), Med-Refugia (Ref. RTI2018-101714-B-I00), Oromed-Refugia (Ref. P18-RT- 4963) y Relic-Flora 2 (Ref. B-RNM-404-UGR18).

REFERENCIAS

- Alba-Sánchez F, JA López-Sáez, D Abel-Schaad, S Ruiz, S Pérez-Díaz, A González, R Luelmo, JC Linares. 2021. Dinámica de las formaciones boscosas de *Abies pinsapo* Clemente ex Boiss. en la Sierra de las Nieves durante el Holoceno Final. In Gómez-Zotano J, JA Olmedo-Cobo eds. Los bosques de la Serranía de Ronda. Una perspectiva espacio-temporal. Alcalá del Valle, España. Editorial La Serranía. p. 163-181.
- Alcalde C, I García-Amorena, S García, D García, R García, M Génova, P Gil, F Gómez, J Maldonado, C Morla, J del Nido, JM Postigo, P Regato, S Río, S Roig, JM Rubiales, LJ Sánchez. 2006. Contribución de la Paleofitogeografía a la interpretación del paisaje vegetal ibérico: estado de conocimientos y nuevas perspectivas de investigación. *Investigación agraria: Sistemas y recursos forestales* 15(nº extra 1): 40-54.
- Araque-Jiménez E. 2013. Medio siglo de grandes incendios forestales en Andalucía (1961-2011). *Méditerranée: Revue géographique des pays méditerranéens* 121: 41-52. DOI: <https://doi.org/10.4000/mediterranee.6840>
- Badal E, Y Carrión, I Figueiral, MO Rodríguez-Ariza. 2013. Pinares y enebrales: El paisaje solutrense en Iberia. *Espacio Tiempo y Forma Serie I, Nueva época Prehistoria y Arqueología* 5: 259-271. DOI: <http://dx.doi.org/10.5944/etfi.5.5385>
- Bond WJ, JE Keeley. 2005. Fire as a global “herbivore”: the ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution* 20(7): 387-394. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.04.025>
- Cacho I, JO Grimalt, M Canals, L Sbaffi, NJ Shackleton, J Schönfeld, R Zahn. 2001. Variability of the western Mediterranean Sea surface temperature during the last 25.000 years and its connection with the Northern Hemisphere climatic changes. *Paleoceanography* 16(1): 40-52. DOI: <https://doi.org/10.1029/2000PA000502>
- Carrión JS, EI Yll, KJ Willis, P Sánchez. 2004. Holocene forest history of the eastern plateaux in the Segura Mountains (Murcia, southeastern Spain). *Review of Palaeobotany and Palynology* 132: 219-236. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2004.07.002>
- Carrión J, C Finlayson, S Fernández, G Finlayson, E Allué, JA López-Sáez, P López-García, G Gil-Romera, G Bailey, P González-Sampériz. 2008. A coastal reservoir of biodiversity for Upper Pleistocene human populations: palaeoecological investigations in Gorham’s Cave (Gibraltar) in the context of the Iberian Peninsula. *Quaternary Science Reviews* 27: 2118-2135. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2008.08.016>
- Carrión J, S Fernández, P González-Sampériz, G Gil-Romera, E Badal, Y Carrión-Marco, L López-Merino, JA López-Sáez, E Fierro, F Burjachs. 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(3): 458-475. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2009.12.007>
- Choe H, JH Thorne, C Seo. 2016. Mapping national plant biodiversity patterns in South Korea with the MARS species distribution model. *PLOS ONE* 11(3): e0149511. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149511>
- Costa M, M García, C Morla, H Sainz. 1990. La evolución de los bosques de la Península Ibérica: una interpretación basada en datos paleobiogeográficos. *Ecología* 1: 31-58.
- Cunill R. 2010. Estudi interdisciplinari de l’evolució del límit superior del bosc durant el període holocènic a la zona de Plaús de Boldís-Montarennyo, Pirineu central català. Tesis Geografía. Barcelona, España. Universidad Autónoma de Barcelona. 243 p.
- Díaz del Olmo F. 1981. Planteamientos para el análisis geomorfológico de la Sierra del Tablón (Área subbética de Sevilla). *Estudios Geográficos* 42(164): 325-330.
- Fernández S, JS Carrión, J Ochando, P González-Sampériz, M Munuera, G Amorós, JM Postigo-Mijarra, C Morales-Molino, P García-Murillo, G Jiménez-Moreno, JA López-Sáez, F Jiménez-Espejo, LM Cáceres, J Rodríguez-Vidal, G Finlayson, S Finlayson, C Finlayson. 2021. New palynological data from the Late Pleistocene glacial refugium of South-West Iberia: The case of Doñana. *Review of Palaeobotany and Palynology* 290: 104431. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2021.104431>
- Guisan A, N Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147-186. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00354-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00354-9)
- Gómez-Zotano J, JA Olmedo-Cobo, R Cunill-Artigas, E Martínez-Ibarra. 2017. Descubrimiento y caracterización geográfica de una depresión ultramáfica en Sierra Bermeja: nuevos datos geomorfoedáficos, fitogeográficos y paleoecológicos. *Pirineos* 172: e026. DOI: <https://doi.org/10.3989/Pirineos.2017.172001>
- Gómez-Zotano J, JA Olmedo-Cobo. 2021. Los bosques de la Serranía de Ronda. Una perspectiva espacio-temporal. Alcalá del Valle, España. Editorial La Serranía. 623 p.
- Jalut G, AE Amat, L Bonnet, T Gauquelin, M Fontugne. 2000. Holocene climatic changes in the Western Mediterranean, from south-east France to south-east Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 160: 255-290. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(00\)00075-4](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(00)00075-4)
- López-García P, JA López-Sáez. 1997. Contribución al conocimiento de la historia de la vegetación de la provincia de Sevilla: Análisis polínico del yacimiento arqueológico de «Los Molares». *Mediterránea* (16): 19-22. DOI: <https://doi.org/10.14198/MDTRRA1997.16.02>
- López-Sáez JA, L López-Merino, S Pérez-Díaz. 2008. Historia de la vegetación: una aproximación arqueopalínológica. *Antiquitas* (20): 41-47.
- Miller J. 2010. Species Distribution Modeling. *Geography Compass* 4(6): 490-509. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1749-8198.2010.00351.x>
- Olmedo-Cobo JA, J Gómez-Zotano. 2017. Los climas de la Serranía de Ronda: una propuesta de clasificación. *Takurinna* (6-7): 23-58.
- Olmedo-Cobo JA, R Cunill-Artigas, J Gómez-Zotano. 2019. The native status of *Pinus pinaster* on serpentine soils: charcoal

- analysis and palaeoenvironmental history in Sierra Bermeja (southern Iberian Peninsula, Spain). *Vegetation History and Archaeobotany* 28: 417-432. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00334-018-0701-z>
- Olmedo-Cobo JA, R Pardo-Martínez, J Gómez-Zotano. 2021. Primeros datos sobre la composición holocena de los bosques de montaña en el Parque Natural Sierra de las Nieves (Serranía de Ronda) a partir del análisis pedoantracológico. *Boletín de la Asociación Española de Geografía* 89: 1-46. DOI: <https://doi.org/10.21138/bage.3099>
- Pardo-Martínez R. 2020. La pedoantracología en España: una revisión bibliográfica. *Pirineos* 175: e059. DOI: <https://doi.org/10.3989/pirineos.2020.175009>
- Rivas-Martínez S, A Penas, TE Díaz, P Cantó, S del Río, JC Costa, L Herrero, J Molero-Mesa. 2017. Biogeographic Units of the Iberian Peninsula and Balearic Islands to District Level. A Concise Synopsis. In Loidi J ed. *The Vegetation of the Iberian Peninsula*. Berna, Suiza. Springer International Publishing. p. 131-138.
- Rodríguez-Ariza MO, JA Esquivel. 2004. Análisis antracológico de la necrópolis de Cruz del Negro, (Carmona, Sevilla). *Revista de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Sevilla* 13: 113-138. DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/spal.2004.i13.04>
- Vernet JL, P Ogereau, I Figueiral, C Machado, P Uzquiano. 2001. Guide d'identification des charbons de bois préhistoriques et récents, Sud-Ouest de l'Europe: France, Péninsule ibérique et Îles Canaries. Paris, France. CNRS.

Recibido: 25.11.21
Aceptado: 16.01.23