

# DECLIVE DE LOS BOSQUES DE CEDRO (*CEDRUS ATLANTICA*) DURANTE EL HOLOCENO RECIENTE EN EL SECTOR OCCIDENTAL DE LA CORDILLERA DEL RIF (MARRUECOS)

DANIEL ABEL-SCHAAD<sup>1</sup>, FRANCISCA ALBA-SÁNCHEZ<sup>2</sup>,  
JOSÉ ANTONIO LÓPEZ-SÁEZ<sup>1</sup>, ENEKO IRIARTE<sup>3</sup>, SEBASTIÁN PÉREZ-DÍAZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CSIC. Instituto de Historia.

<sup>2</sup> Departamento de Botánica. Facultad de Ciencias, Universidad de Granada.

<sup>3</sup> Laboratorio de Evolución Humana, Dpto de Ciencias Históricas y Geografía, Universidad de Burgos.

dabel222@hotmail.com, falba@ugr.es, joseantonio.lopez@cchs.csic.es, eiriarte@ubu.es,  
sebastian.perez@cchs.csic.es

**RESUMEN:** El género *Cedrus* tiene una larga historia en Europa. A lo largo del Pleistoceno ha experimentado una fuerte reducción, que le ha llevado a desaparecer de las penínsulas mediterráneas. En la actualidad el cedro (*Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carrière) es una especie endémica del Noroeste de África, que ha sufrido un severo declive durante el Holoceno Reciente. Para estudiar su evolución a lo largo de los últimos 4000 años, se presenta un trabajo de alta resolución, en el que hemos analizado polen, microfósiles no polínicos y la tasa de acumulación de carbones (CHAR), en una turbera localizada en el Jbel Khesana, en el sector occidental de las montañas del Rif. También se ha llevado a cabo un estudio geoquímico. El trabajo confirma el declive continuo de los bosques de cedro, especialmente durante los últimos mil años, hasta su extinción en esta sierra del macizo rifeño. La migración de los cedrales hacia zonas altas, inducida por el clima, así como el impacto antropogénico, concretamente las cortas selectivas y el uso extensivo del fuego, se discuten como principales factores de su extinción.

**Palabras clave:** Cedro del Atlas, paleopalinología, geoquímica, Rif, Marruecos

## 1. INTRODUCCIÓN

El género *Cedrus* tiene una larga historia en Europa, donde ya estaba presente durante el Mioceno Medio. A lo largo del Pleistoceno experimentó una fuerte reducción, que le llevó a su desaparición en las penínsulas ibérica, itálica y balcánica (Postigo-Mijarra et al., 2010; Magri, 2012).

El cedro (*Cedrus atlantica*) es una especie endémica del noroeste de África (Argelia y Marruecos) cuyos bosques han experimentado una seria decadencia durante el Holoceno Reciente, especialmente en las montañas del Rif, afectados por perturbaciones tanto climáticas como antropogénicas. En la actualidad, las poblaciones de *Cedrus atlantica* se encuentran muy fragmentadas, siempre

en altitudes que varían entre los 1300 y 2600 m s.n.m. (Cheddadi et al., 2009) y continúan su reducción asociada a una creciente aridez en la región (Linares et al., 2011).

Pocos registros polínicos se encuentran disponibles en la región para extraer conclusiones significativas sobre la evolución pretérita de estos bosques y su posible respuesta a los cambios futuros (Muller et al., 2014; Cheddadi et al., 2015), más allá de la verificación de un alto riesgo de extinción, que ha llevado a esta especie a ser considerada en peligro (EN) por la IUCN ([www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)).

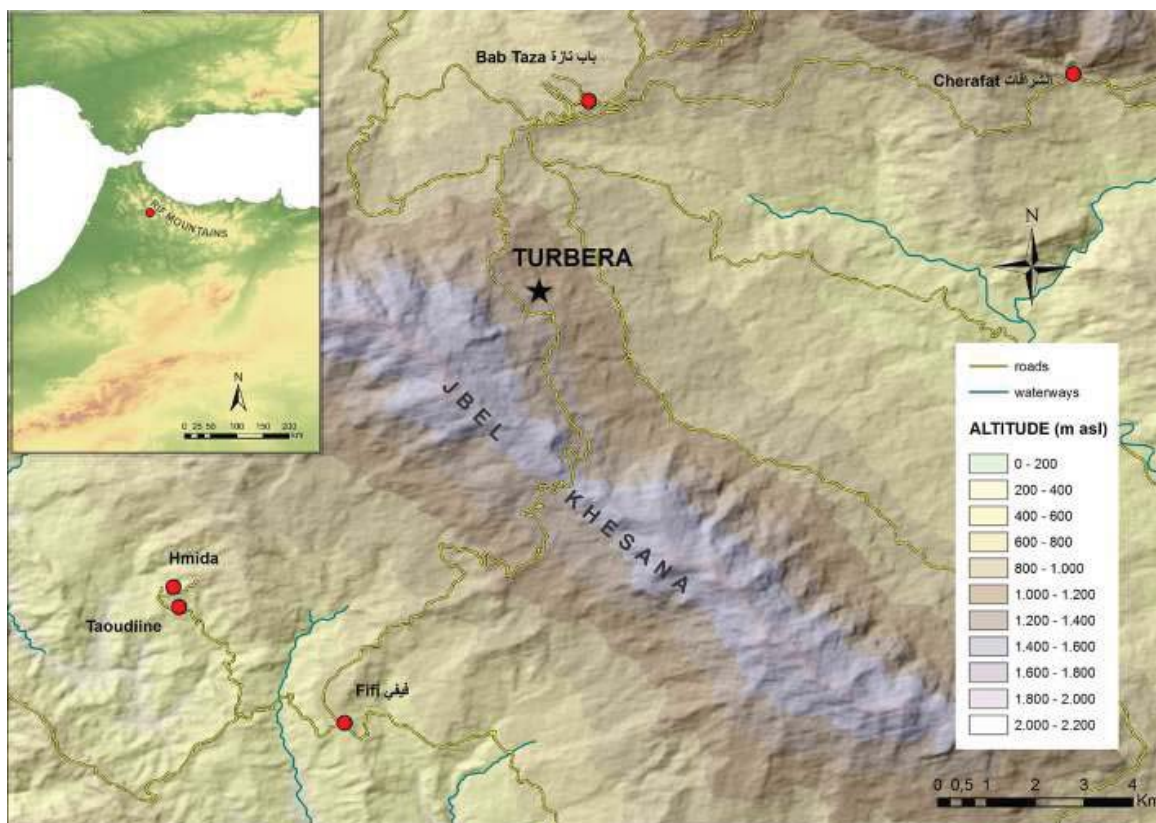
Con este trabajo, de alta resolución cronológica, pretendemos aportar datos más precisos sobre la evolución de los cedrales en las montañas del Rif, las causas de su declive en el área y la respuesta de sus poblaciones a los procesos futuros.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Área de estudio

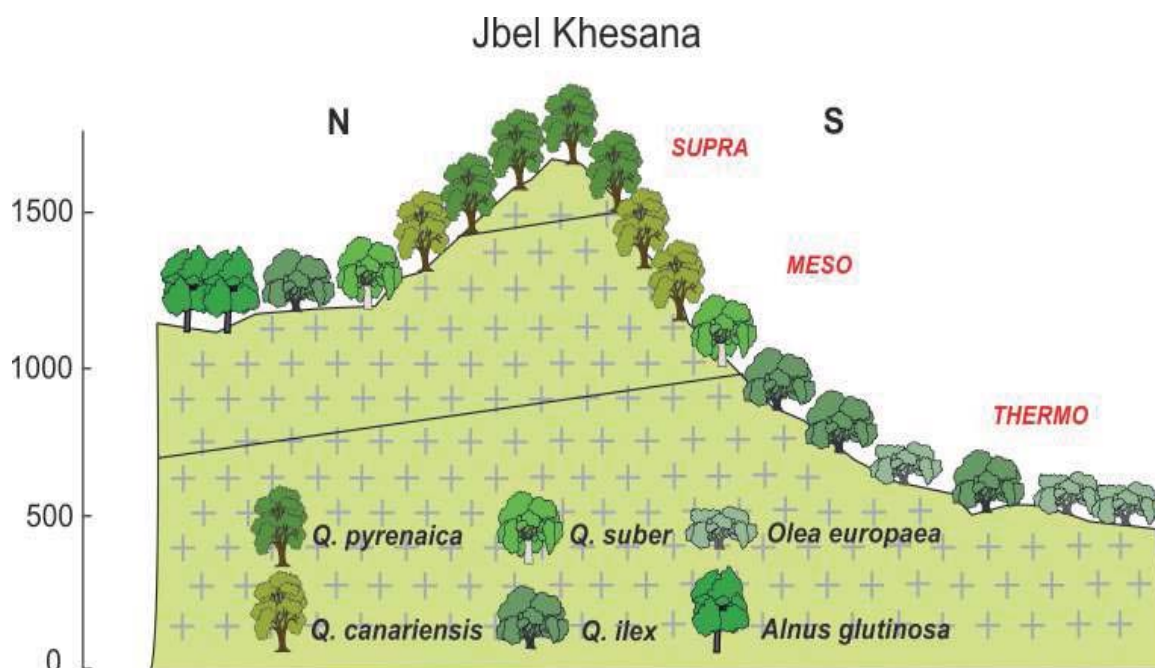
La turbera de Fifi (Mapa 1) se localiza a una altitud de 1200 m en el Jbel Khesana, sierra que forma parte del sector occidental del macizo del Rif, compuesta por calizas cretácicas y areniscas miocenas. El clima es genuinamente

Mapa 1. Localización de la turbera de Fifi en la cordillera del Rif.



mediterráneo con precipitaciones que pueden superar los 2000 mm anuales (Charco, 1999). La vegetación en el Jbel Khesana (Charco, 1999; Gráfico 1) está dominada por robles caducifolios como *Quercus pyrenaica* Willd., en las zonas más elevadas del piso supramediterráneo, y *Q. canariensis* Willd. según vamos descendiendo en altitud hacia el piso mesomediterráneo, donde se extienden los alcornoques. Por debajo, en el piso termomediterráneo, las principales especies arbóreas son encinas (*Q. ilex* L.) y olivos (*Olea europaea* L.). El aliso (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) caracteriza la vegetación riparia. En la actualidad no se encuentran cedros (*Cedrus atlantica*) en esta sierra, pero sí en macizos calizos próximos, situados al noreste, donde prospera junto al pinsapo (*Abies maroccana* Trab.), en particular en el Parque Nacional de Talassemtane.

Gráfico 1. Distribución de la vegetación actual en el Jbel Khesana. (Adaptado de Charco, 1999).



## 2.2. Metodología

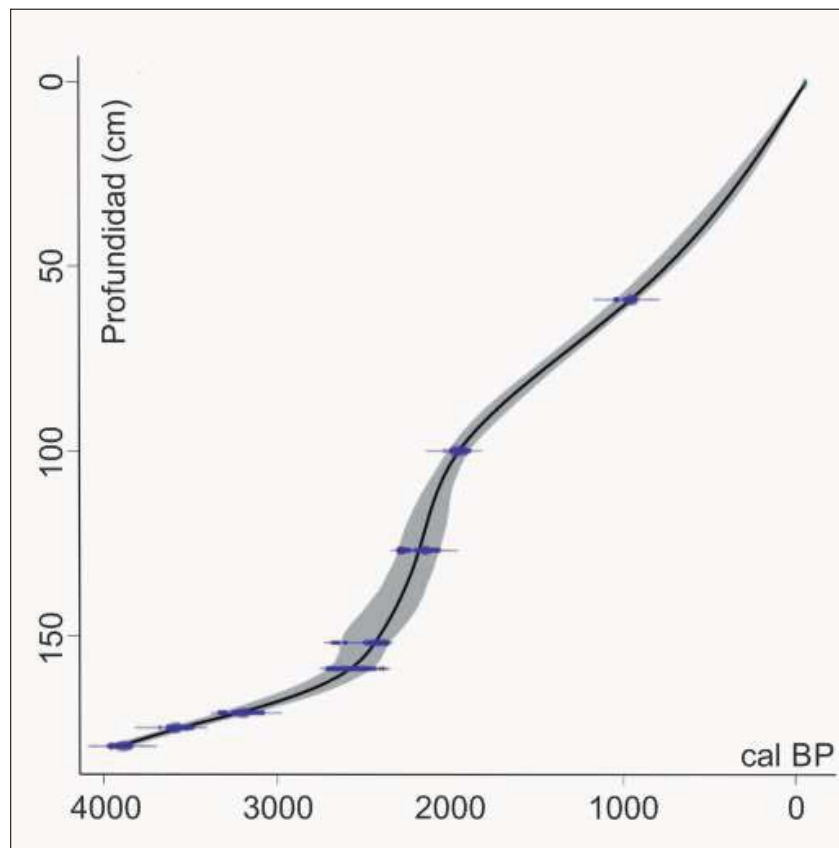
Se extrajo un testigo de 180 cm mediante una sonda rusa, el cual se ha dividido en muestras de 1 cm de grosor para sus posteriores análisis.

Se han realizado un total de 8 dataciones radiocarbónicas que cubren cerca de 4000 años. El modelo de edad (Gráfico 2) se ha realizado mediante la ayuda del software Clam 2.2 (Blaauw, 2010), aplicando una interpolación lineal. Los intervalos de confianza de las calibraciones y del modelo de edad se han calculado al 95% ( $2\sigma$ ).

El tratamiento de las muestras para el análisis polínico se ha realizado mediante el denominado método clásico (Faegry y Iversen, 1989), utilizando licor de Thoulet para la separación densimétrica de microfósiles polínicos y no políni-

cos (Goeury y de Beaulieu, 1979). La concentración polínica se ha estimado añadiendo una tableta de *Lycopodium* a cada muestra (Stockmarr, 1971). El procesado de datos y la representación gráfica se ha llevado a cabo con la ayuda de los programas Tilia y TGView (Grimm 1992, 2004). Se muestra un diagrama (Gráfico 4) donde polen y microfósiles no polínicos se han agrupado según sus afinidades ecológicas, así como un gráfico que muestra la concentración polínica total (margen derecho). Además, se incluye otro gráfico con la evolución de la tasa de acumulación de microcarbones (CHAR), calculados y clasificados en las mismas láminas de polen (Tinner y Hu, 2003; Finsinger y Tinner, 2005) a fin de reconstruir la evolución histórica de los fuegos en el área (Whitlock y Larsen, 2001). Se han clasificado en dos grupos de tamaño (mayores y menores de 100 micras), relacionados con incendios de carácter local o regional, respectivamente (Tinner y Hu, 2003).

Gráfico 2. Modelo de Edad para la secuencia de Fifi.

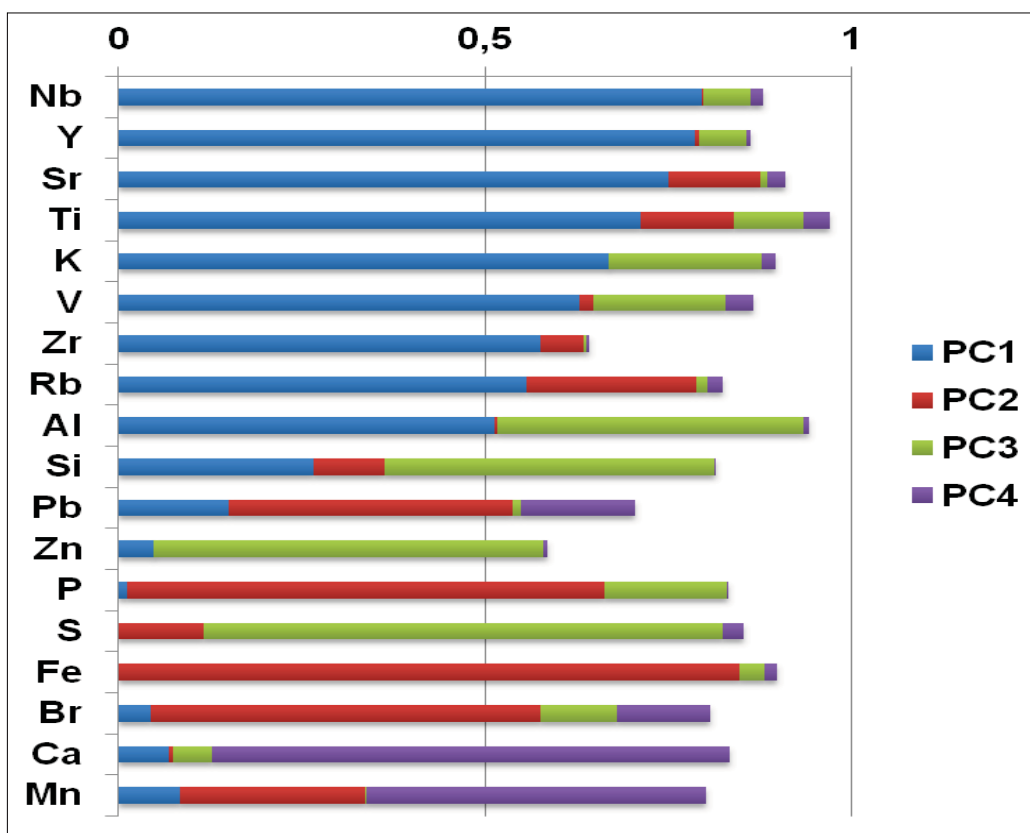


Para el análisis sedimentológico y geoquímico se ha utilizado un scanner XRF (X-ray fluorescence) a una resolución de 1 cm. La composición elemental de los sedimentos se ha obtenido siguiendo dos protocolos: a) con una corriente de Rayos X de 800  $\mu$ A durante 10 segundos y un voltaje de 10 kV, y b) con una corriente de 2000  $\mu$ A durante 25 segundos y un voltaje de 30 kV. Los datos geoquímicos resultantes se han tratado utilizando estadística multiva-



riante. Se ha realizado un análisis de componentes principales para describir las diferencias en los datos de composición de los elementos (Gráfico 3). PC1 refleja la sedimentación de arcillas procedentes de erosión de suelos. PC2 se relaciona con la formación de suelos en el humedal y la alternancia de fases secas y húmedas. PC3 revela la cantidad de materia orgánica esencialmente lacustre, que podría relacionarse con el nivel del agua. Finalmente, PC4 indica la sedimentación de elementos carbonatados del sustrato rocoso de la ladera, ligada a eventos de erosión. La cronología de los cambios de cada componente principal se incluye a la derecha del diagrama polínico (Gráfico 4).

Gráfico 3. Comunalidades de los elementos en los distintos componentes principales.



### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Zona FAIA (ca. 3900-2400 cal BP)

La zona más profunda evidencia la dominancia de los bosques de *Quercus*, concretamente de *Q. pyrenaica/canariensis*, seguidos de *Q. ilex* y *Q. suber*. Hacia 3000 cal BP *Cedrus* presenta un aumento considerable. Los pastizales muestran porcentajes estables y significativos, para abastecer una continuada carga ganadera, evidenciada por los constantes niveles de hongos coprófilos. Los microcarbones de menor tamaño, relacionados con incendios regionales,

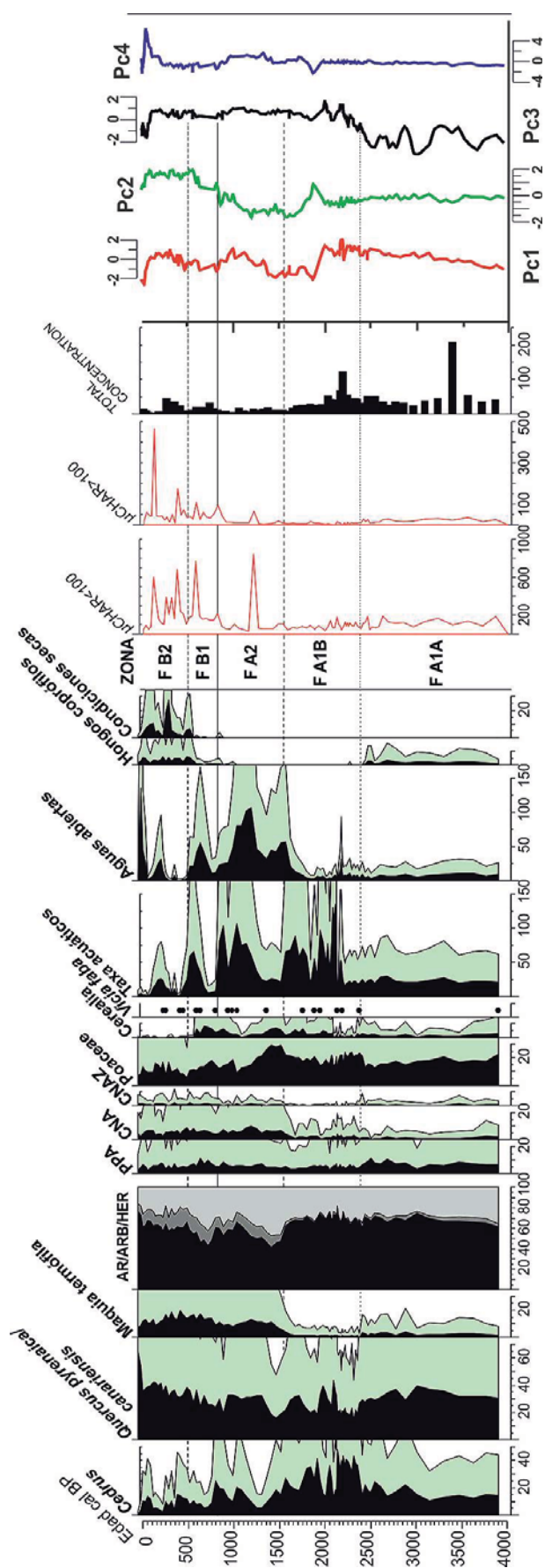


Gráfico 4. Diagrama integrado de la secuencia de Fifi. Polen, microfósiles no polínicos, CHAR y Geoquímica. **PPA**: Pastizales Perennes Antropógenos (*Allium*, Apiaceae, *Artemisia*, Brassicaceae, *Campamula*, Caryophyllaceae, Fabaceae, Liliaceae, Rosaceae, *Saxifraga*, Scrophulariaceae, *Viola*); **CNA**: Comunidades Nitrófilas Antropógenas (*Anthemis*, *Asphodelus albus*, *Aster*, Boraginaceae, Cardueae, *Centaurea cyanus*, Cichorioideae, *Erodium*, *Malva sylvestris*); **CNAZ**: Comunidades Nitrófilas Antropozoógenas (Chenopodiaceae-Amaranthaceae, *Plantago* spp., *Rumex* spp.).

indican niveles medios, posiblemente relacionados con la actividad ganadera. En cuanto a los cultivos, se detectan niveles bajos pero continuos de cereal.

El nivel freático parece mantenerse estable a lo largo de esta zona. Se observa un notable aporte de sedimentos terrígenos finos arcillosos.

### **3.2. Zona FA1B (ca. 2400-1550 cal BP)**

En esta zona, *Cedrus* se convierte en dominante respecto a *Quercus*, probablemente beneficiado por unas condiciones crecientes de humedad y el abandono de las actividades ganaderas e, inicialmente, de los cultivos. Estos últimos, basados en el cereal y las habas (*Vicia faba* L.), muestran un mayor avance a partir de 2000 cal BP, provocando un aumento de la erosión, que continúa hasta el final de la zona polínica.

El nivel del agua deja de mantenerse estable, con ciclos de cierta desecación, que coinciden con un acusado incremento de los taxa acuáticos.

### **3.3. Zona FA2 (ca. 1550-800 cal BP)**

Se observa una fase de deforestación inicial, favorecida por el fuego, que lleva los porcentajes de las especies arbóreas a sus mínimos, a pesar de que se recuperan posteriormente. Las especies arbustivas, por su parte, alcanzan niveles significativos. Hacia 1100 cal BP se produce una nueva deforestación, que en este caso afecta sólo a *Cedrus*, relacionada de nuevo con el fuego, con el repunte de la actividad ganadera y con un incremento de la presión agrícola. Nuevamente, los porcentajes de *Cedrus* se recuperan al final de la zona polínica.

El nivel de agua del humedal alcanzaría sus mínimos a partir de ca. 1400 cal BP, con unas condiciones climáticas en general más secas.

### **3.4. Zona FB1 (ca. 800-500 cal BP)**

Esta zona comienza con una nueva deforestación del cedral, que alcanza sus mínimos niveles, mientras que los robledales se ven afectados de forma más leve. La maquia termófila, por el contrario, experimenta un notable avance, mientras que los pastizales permanecen relativamente estables. Los altos niveles de microcarbones señalan al fuego como responsable de este evento inicial. Tanto los cultivos como la actividad ganadera se mantienen en proporciones similares a la zona anterior.

Posteriormente, los bosques se recuperan a costa de los pastizales, aunque *Cedrus* no alcanzará los niveles previos. La actividad agrícola prácticamente desaparece a favor de la ganadería, indicada por los altos niveles de hongos coprófilos al final de la zona.

Se destaca una fase húmeda inicial, con una alta lámina de agua, y una tendencia hacia una aridez marcada final.

### 3.5. Zona FB2 (ca. 500 cal BP-present)

En la zona más superficial el polen arbóreo alcanza sus máximos debido al acusado incremento de *Quercus pyrenaica/canariensis*. Por el contrario, *Cedrus* prácticamente desaparece, tras varios mínimos hacia 350 y 200 cal BP. Cabe destacar también en esta zona el ligero aumento de árboles cultivados como *Olea europaea* y *Pinus* spp.

La tasa de acumulación de carbones muestra un acusado crecimiento en esta zona, probablemente relacionado con las actividades ganaderas, indicado por los mayores niveles de hongos coprófilos. Los incendios se habrían visto también favorecidos por unas condiciones de mayor sequedad, señaladas por los indicadores correspondientes, cuyos picos alternan con los de aguas abiertas y taxa acuáticos.

El cultivo de cereal prácticamente desaparece, mientras que los pastizales mantienen una creciente carga ganadera.

El nivel de agua permanecería en bajos niveles hasta las muestras finales, seguramente relacionado con la intervención humana. Del mismo modo, aumenta la erosión hacia el final, posiblemente ligada al incremento de la presión ganadera y los incendios.

## 4. CONCLUSIONES

Los bosques de *Cedrus atlantica* han existido en el Jbel Khesana hasta épocas muy recientes. Estos bosques permanecieron con relativa estabilidad, coexistiendo con actividades agrarias, hasta ca. 2400 cal BP, cuando un aumento de la humedad habría favorecido su expansión.

Desde ca. 2200 cal BP en adelante, la intensificación de los cultivos y una estacionalidad creciente dificulta el desarrollo de los cedrales. Se detectan varios eventos de deforestación hacia 1300, 1000 y 750 cal BP, probablemente más relacionados con talas e incendios que con las condiciones climáticas. Una nueva intensificación de las actividades ganaderas, una mayor incidencia del fuego y las crecientes condiciones de aridez desde aproximadamente 500 cal BP, habrían llevado a la extinción final de *Cedrus* en el Jbel Khesana.

La integración de polen, microfósiles no polínicos y registros geoquímicos permite una interpretación más precisa de la dinámica vegetal, facultándonos para identificar factores climáticos y/o antrópicos como agentes moduladores del paisaje.

## 5. AGRADECIMIENTOS

Programa de Proyectos de Investigación de Excelencia de la Junta de Andalucía P11-RNM-7033.



## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blaauw, M. 2010: “Methods and code for classical age-modelling of radiocarbon sequences”. *Quaternary Geochronology*, 5, 512-518.
- Charco, J. (1999): *El Bosque Mediterráneo en el Norte de África: Biodiversidad y lucha contra la desertización*. Agencia Española de Cooperación. Madrid.
- Cheddadi, R., Fady, B., François, L., Hajar, L., Suc, J. P., Huang, K., Demarteau, M., Vendramin, G. G., Ortu, E. (2009): “Putative glacial refugia of *Cedrus atlantica* deduced from Quaternary pollen records and modern genetic diversity”. *Journal of Biogeography*, 36, 1361-1371.
- Cheddadi, R., Nourelbait, M., Bouaissa, O., Tabel, J., Rhoujjati, A., López-Sáez, J. A., Alba-Sánchez, F., Khater, C., Ballouche, A., Dezileau, L., Lamb, H. (2015): “A history of human impact on Moroccan mountain landscapes”. *African Archaeological Review*, 32, 233-248.
- Faegri, K., Iversen, J. (1989): *Textbook of Pollen Analysis* (4th edn). Chichester. Wiley.
- Finsinger, W., Tinner, W. (2005): “Minimum count sums for charcoal-concentration estimates in pollen slides: accuracy and potential errors”. *The Holocene*, 15, 293-297.
- Goeury, C., de Beaulieu, J. L. (1979): “À propos de la concentration du pollen à l’aide de la liqueur de Thoulet dans les sédiments minéraux”. *Pollen et Spores*, 21, 239-251.
- Grimm, E. C. (1992): *Tilia, version 2*. Springfield. Illinois State Museum.
- Grimm, E. C. (2004): *TGView*. Springfield. Illinois State Museum.
- Linares J. C., Taïqui, L., Camarero, J. J. (2011). “Increasing drought sensitivity and decline of atlas cedar (*Cedrus atlantica*) in the Moroccan Middle Atlas Forests”. *Forests*, 2, 777-796.
- Magri, D. (2012): “Quaternary history of *Cedrus* in Southern Europe”. *Annali di Botanica*, 2, 57-66.
- Muller, S. D., Rhazi, L., Andrieux, B., Bottollier-Curtet, M., Fauquette, S., Saber, E. R., Rifai, N., Daoud-Bouattour, A. (2014): “Vegetation history of the western Rif Mountains (NW Morocco): origin, late-Holocene dynamics and human impact”. *Vegetation History and Archaeobotany*, 24, 487-501.
- Postigo-Mijarra, J. M., Morla, C., Barrón, E., Morales-Molino, C., García, S. (2010): “Patterns of extinction and persistence of Arctotertiary flora in Iberia during the Quaternary”. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 162, 416-426.
- Stockmarr, J. (1971): “Tablets with spores used in absolute pollen analysis”. *Pollen et Spores*, 13, 614-621.
- Tinner, W., Hu, F-S. (2003): “Size parameters, size-class distribution and area-number relationship of microscopic charcoal: relevance for fire reconstruction”. *The Holocene*, 13, 499-505.
- Whitlock, C., Larsen, C. (2001): “Charcoal as a fire proxy”. En SMOL, J. P., BIRKS, H. J. B., LAST, W. M., eds. *Terrestrial, algal, and siliceous indicators. Tracking Environmental Change Using Lake Sediments*. Kluwer, Dordrecht, 75-97.