

MALAGUEÑO Y EXQUISITO: HABLAMOS DE *ABIES PINSAPO* BOISS

por IRENE VICTORIA BLANCA REYES, FRANCISCO CÁNOVAS RAMOS, VANESSA CASTRO-RODRÍGUEZ

INVESTIGADORES DEL DEPARTAMENTO DE BIOQUÍMICA Y BIOLOGÍA MOLECULAR. FACULTAD DE CIENCIAS. UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

IRENEBLANCA@UMA.ES, CANOVAS@UMA.ES, VAVICARO@UMA.ES

Abies pinsapo, cambio climático, respuestas moleculares

Keywords: *Abies pinsapo*, climatic change, molecular responses

Resumen: El pinsapo (*Abies pinsapo* Boiss), es una conífera endémica de las sierras andaluzas que se encuentra en peligro de extinción. En este artículo se describe su importancia ecológica y se pone de manifiesto su capacidad de resiliencia frente a los efectos del cambio climático.

Abstract: *The Spanish fir (Abies pinsapo Boiss) is a conifer endemic to the Andalusian mountains that is in danger of extinction. This article describes its ecological importance and highlights its resilience to the effects of climate change.*

Abies pinsapo, también conocido como pinsapo, es una especie que forma parte de la familia Pinaceae y que se encuentra restringida a las sierras andaluzas, cadenas montañosas ubicadas en la parte sur de la península ibérica. Sin embargo, también pueden encontrarse poblaciones estrechamente emparentadas con éste al norte de Marruecos, como *Abies maroccana* y *Abies tazaotana*. Descrito por el botánico Edmond Boissier en 1838, la localización del pinsapo deriva de los bosques europeos de coníferas del Terciario gracias a los periodos de clima seco y húmedo que se sucedieron tras la aridificación del clima en el Mediterráneo y al refugio que le han proporcionado las cordilleras de estas costas (Linares y Carreira 2006).

Las poblaciones naturales de pinsapo se distribuyen fundamentalmente en áreas de la Sierra de las Nieves (Figura 1), que cuenta con la población de mayor número, en la Sierra de Grazalema (Figura 2) y en el Paraje Natural de Los Reales de Sierra Bermeja. Este árbol endémico se puede encontrar situado normalmente en torno a los 1000 y 1800 metros de altitud, ocupando umbrías húmedas de orientación norte, donde recibe abundantes precipitaciones y evita el clima cálido y seco característico de estas montañas (Linares y Carreira 2006) (López-Quintanilla et al. 2013). El pinsapo crece sobre diferentes tipos de suelos según su localización, entre las que encontramos calizas en las Sierras de las Nieves y de Grazalema y sobre peridotitas en Sierra Bermeja.

Algunos de los ejemplares de esta especie son especialmente populares, ya que cuentan con cientos de años, como el llamado pinsapo de la Escalereta en Parauta (Figura 3), un individuo protegido y considerado Monumento Natural del que se cree que tendrá

entre 350 y 550 años; y que cada día atrae a los visitantes a admirar su increíble altura y diámetro de su tronco.

Los pinsapares hoy en día, sin embargo, se encuentran en peligro de extinción. Estos árboles son especialmente susceptibles a diversas especies de patógenos, como los insectos *Dioryctria auloi* y *Cryphalus numidicus*, que se encuentran entre los mayores causantes de degradación o muerte de la madera y, por consiguiente, de los ejemplares (Linares y Carreira 2006) (López-Quintanilla et al. 2013). En la Sierra de las Nieves, el hongo específico del pinsapo: *Heterobasidion abietinum*, aprovecha la vulnerabilidad causada por la competencia entre árboles debida a la sequía para invadir las raíces de éstos y, posteriormente, el clareo en los pinsapares fomenta el crecimiento de matorral, lo que aumenta el riesgo de incendios forestales (Linares et al. 2010).

El estudio de los pinsapos es de vital importancia por diversas razones. En primer lugar, su atractivo no solo radica en su valor estético y ornamental, ya que su madera es blanda y de escaso aprovechamiento. Además, la investigación de la resiliencia de esta especie es esencial, dado que ha sobrevivido al impacto de los cambios climáticos de los últimos años. Esto es especialmente relevante, ya que las especies relictas de las montañas mediterráneas suelen ser altamente sensibles a condiciones climáticas adversas y tienen dificultades para adaptarse a cambios en el entorno local. De hecho, el pinsapo se considera una de las especies de abetos más vulnerables entre los abetos circum-mediterráneos (Gardner et al. 2010).

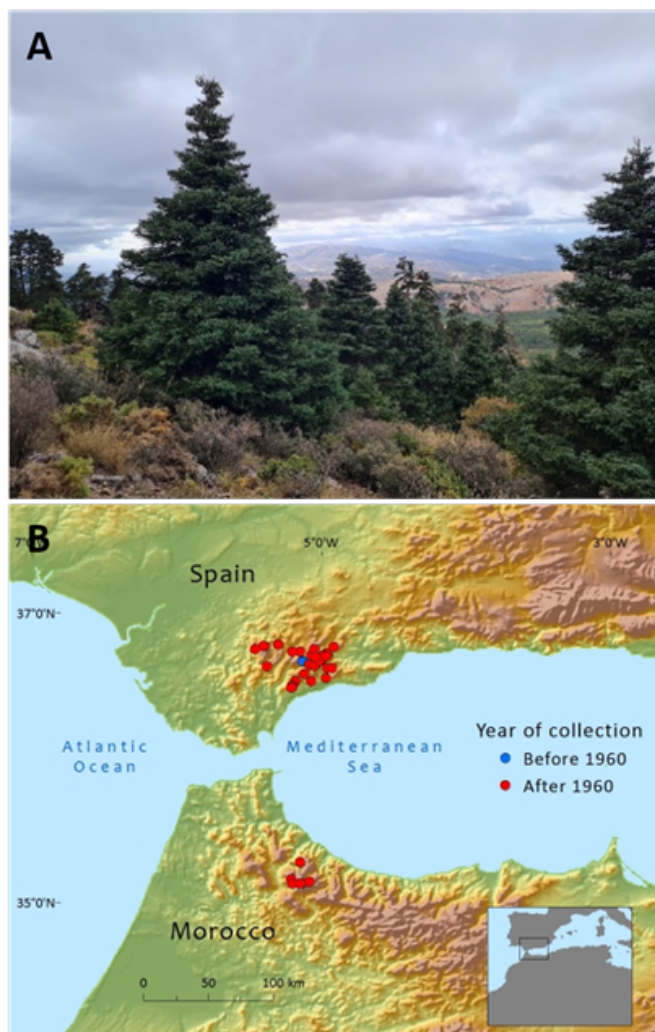


Figura 1: A. Ejemplares de *Abies pinsapo* procedentes de la Sierra de las Nieves (Málaga). B. Distribución geográfica de *Abies pinsapo* en el Mediterráneo occidental. En España: Sierra del Pinar (Cádiz), Sierra de las Nieves y Sierra Bermeja (Málaga). En Marruecos, representada por *A. pinsapo* var. marocana en las Montañas del Rif. Fuente: M. Arista, M.L. et. Al., 2019, *Abies pinsapo*, "Threatened Conifers of The World" <https://threatenedconifers.rbge.org.uk/conifers/abies-pinsapo>.

Desde mitad de los noventa se ha detectado un decaimiento en las poblaciones de pinsapo procedentes de la Sierra de las Nieves, sobre todo en las zonas de baja altitud en su distribución geográfica, donde existe una baja disponibilidad de agua. Y es que el número de estos abetos aumenta en altitud debido a la mayor cantidad de precipitaciones que recibe en estas zonas elevadas, donde el aumento de la temperatura junto con las condiciones de elevada humedad ambiental podría favorecer un crecimiento aún mayor de estos ejemplares (Linares et al. 2012). Sin embargo, se ha encontrado que, a pesar del aumento de la mortalidad de *A. pinsapo* en las últimas décadas relacionados con los eventos extremos de sequía, el área de la extensión de sus bosques se ha mantenido similar a lo largo del tiempo, lo que hace sospechar

que este abeto cuenta con una resiliencia y capacidad de adaptación a las condiciones adversas mayor de la esperada. Por lo tanto, los pinsapos pueden ser utilizados como modelo para el estudio de la respuesta a estas situaciones de estrés (Cortés-Molino et al. 2022) en las poblaciones naturales de las Sierras, donde el cambio climático es una realidad. En este contexto, conocer la respuesta molecular de esta especie a los estreses causados por el cambio climático, como son las elevadas temperaturas y el estrés hídrico, resulta primordial.



Figura 2: Ejemplares de *Abies pinsapo* procedentes de la Sierra de Grazalema (Cádiz).

Las plantas cuentan con sistemas que se activan frente a un estrés ambiental con la finalidad de mantener la integridad y función de los diferentes componentes celulares. Se conoce que existen diferentes procesos biológicos que responden directamente a estos estímulos ambientales y coordinan respuestas moleculares que son llevadas a cabo por familias génicas en diferentes especies de plantas. Entre las familias génicas recientemente estudiadas en plantas, que codifican las proteínas directamente implicadas en la respuesta al estrés hídrico, se encuentran las proteínas LEA (Late Embryogenesis Abundant), las HSP (Heat Shock Protein) y las deshidrinas (DHN) (Ahuja et al. 2010). Las proteínas LEA reciben su nombre porque se acumulan en las semillas durante el estadio tardío de maduración, pero se conoce que intervienen en numerosas respuestas a diferentes estreses abióticos como la desecación no solo en plantas, sino en una gran variedad de organismos (Hernández-Sánchez et al. 2022). Por su parte las HSP actúan como chaperonas moleculares ya que corrigen el plegamiento proteico incorrecto, eliminando agregados y minimizando el impacto sobre el proteoma (Jacob, Hirt y Bendahmane 2017). Las deshidrinas, o LEAs de tipo II, intervienen en la respuesta al estrés protegiendo las membranas y macromoléculas de la desnaturalización, (Abdul Aziz et al. 2021) (Sun et

al. 2021). Estas últimas cuentan con una estructura altamente hidrofílica, lo que les confiere unas propiedades fisicoquímicas ideales para actuar durante periodos de deshidratación (Perdiguero et al. 2012). De hecho, el aumento en la expresión de los genes que codifican para DHN, así como su acumulación, están relacionadas con la tolerancia al estrés (Hanin et al. 2011).

Para el estudio de estas últimas, y gracias a recientes estudios de nuestro grupo de investigación que han permitido el ensamblaje del primer borrador del transcriptoma del pinsapo (Ortigosa et al. 2022), se ha iniciado la búsqueda de los miembros de la familia génica que codifican las deshidrinas, implicadas en la respuesta a altas temperaturas y déficit hídrico en múltiples especies.

Se han identificado un total de 33 miembros clasificados como pertenecientes a la familia de las deshidrinas en *Abies pinsapo* Boiss, los cuales mantienen los motivos conservados en su estructura proteica (Figura 4). La clasificación más reciente de esta familia fue propuesta por Hundertmark y Hinch en 2008 (Hundertmark y Hinch 2008) según los dominios conservados incluidos en la base de datos Pfam (Instituto Wellcome Trust Sanger). Las deshidrinas (nombre mantenido en esta última clasificación), se caracterizan por la combinación de tres motivos conservados diferentes descritos por Close en 1997 (Close 1996), que tradicionalmente se utilizan para clasificarlas: los segmentos Y, S y K, separados por los segmentos ϕ menos conservados, ricos en aminoácidos polares, principalmente glicina. En el caso de esta familia, los motivos conservados se encuentran bien descritos sobre todo en angiospermas, sin embargo, actualmente se conoce que las deshidrinas de gimnospermas carecen del segmento Y, mientras que presentan dos segmentos altamente conservados y repetidos entre las secuencias procedentes de pináceas y que no se encuentran en angiospermas, llamados segmento A y segmento E (Perdiguero et al. 2012).



Figura 3: Pinsapo de La Escalereta, Monumento Natural de la Sierra de las Nieves.

Actualmente, nuestro objetivo es analizar la expresión diferencial de los genes candidatos relacionados con la respuesta al estrés pertenecientes a esta y otras familias génicas en diferentes tejidos de individuos de *A. pinsapo* en sus poblaciones naturales. Así, esperamos que nuestros resultados aporten información que contribuya a una mejor comprensión de los mecanismos moleculares que intervienen en la capacidad de resiliencia de *A. pinsapo*, de gran importancia para el mantenimiento de la sostenibilidad del ecosistema forestal que constituyen los pinsapares andaluces. Todo ello para seguir disfrutando de la presencia del pinsapo en nuestras sierras, contemplándolos desde las alturas.

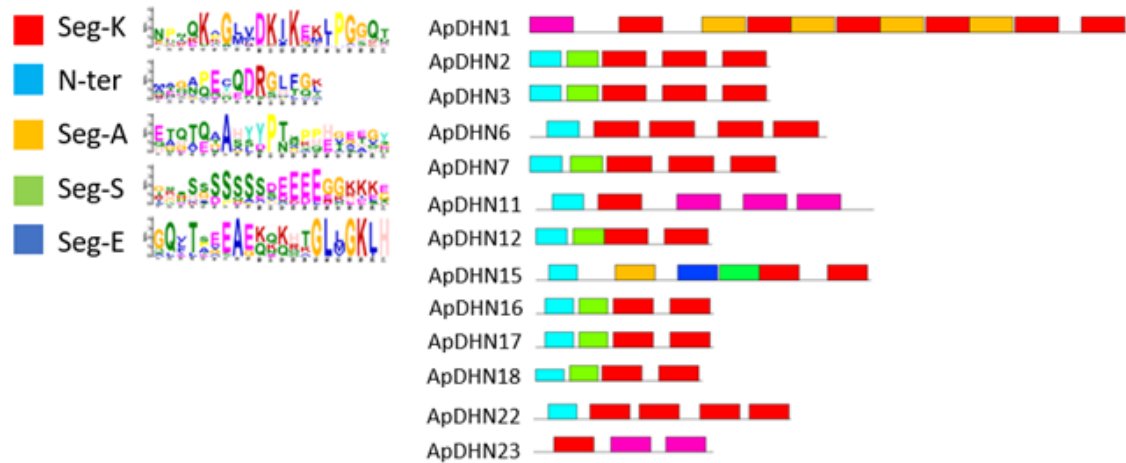


Figura 4. Identificación de los diferentes motivos conservados detectados por MEME (<https://meme-suite.org/meme/>) en la estructura de las deshidrinas. Se muestra la representación de aminoácidos de cada motivo y su localización en la secuencia proteica.

Referencias

- ABDUL AZIZ, M., SABEEM, M., MULLATH, S.K., BRINI, F. y MASMOUDI, K., 2021. Plant Group II LEA Proteins: Intrinsically Disordered Structure for Multiple Functions in Response to Environmental Stresses. *Biomolecules*, vol. 11, no. 11, ISSN 2218-273X. DOI 10.3390/biom11111662.
- AHUJA, I., DE VOS, R.C.H., BONES, A.M. y HALL, R.D., 2010. Plant molecular stress responses face climate change. *Trends in Plant Science*, vol. 15, no. 12, ISSN 13601385. DOI 10.1016/j.tplants.2010.08.002.
- CLOSE, T.J., 1996. Dehydrins: Emergence of a biochemical role of a family of plant dehydration proteins. *Physiologia Plantarum*, vol. 97, no. 4, ISSN 1399-3054. DOI 10.1111/j.1399-3054.1996.tb00546.x.
- CORTÉS-MOLINO, Á., LINARES, J.C., VIÑEGLA, B., LECHUGA, V., SALVO-TIERRA, A.E., FLORES-MOYA, A., FERNÁNDEZ-LUQUE, I. y CARREIRA, J.A., 2022. Unexpected resilience in relict *Abies pinsapo* Boiss forests to dieback and mortality induced by climate change. *Frontiers in Plant Science*, vol. 13, ISSN 1664-462X. DOI www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2022.991720.
- GARDNER, M., KNEES, S., ARISTA, M. y ALAOUI, M., 2010. IUCN Red List of Threatened Species: *Abies pinsapo* var. *pinsapo*. *IUCN Red List of Threatened Species*. DOI <https://www.iucnredlist.org/en>.
- HANIN, M., BRINI, F., EBEL, C., TODA, Y., TAKEDA, S. y MASMOUDI, K., 2011. Plant dehydrins and stress tolerance: versatile proteins for complex mechanisms. *Plant Signaling & Behavior*, vol. 6, no. 10, ISSN 1559-2324. DOI 10.4161/psb.6.10.17088.
- HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, I.E., MARURI-LÓPEZ, I., MARTINEZ-MARTINEZ, C., JANIS, B., JIMÉNEZ-BREMONT, J.F., COVARRUBIAS, A.A., MENZE, M.A., GRAETHER, S.P. y THALHAMMER, A., 2022. LEAing through literature: late embryogenesis abundant proteins coming of age—achievements and perspectives. *Journal of Experimental Botany*, vol. 73, no. 19, ISSN 0022-0957. DOI 10.1093/jxb/erac293.
- HUNDERTMARK, M. y HINCHA, D.K., 2008. LEA (late embryogenesis abundant) proteins and their encoding genes in *Arabidopsis thaliana*. *BMC genomics*, vol. 9, ISSN 1471-2164. DOI 10.1186/1471-2164-9-118.
- JACOB, P., HIRT, H. y BENDAHDANE, A., 2017. The heat-shock protein/chaperone network and multiple stress resistance. *Plant Biotechnology Journal*, vol. 15, no. 4, ISSN 1467-7652. DOI 10.1111/pbi.12659.
- LINARES, J.C., CAMARERO, J.J., BOWKER, M.A., OCHOA, V. y CARREIRA, J.A., 2010. Stand-structural effects on *Heterobasidion abietinum*-related mortality following drought events in *Abies pinsapo*. *Oecologia*, vol. 164, no. 4, ISSN 1432-1939. DOI 10.1007/s00442-010-1770-6.
- LINARES, J.C. y CARREIRA, J.A., 2006. El pinsapo, abeto endémico andaluz. O, ¿Qué hace un tipo como tú en un sitio como éste? *Ecosistemas*, vol. 15, no. 3, DOI <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/501>.
- LINARES, J.C., COVELO, F., CARREIRA, J.A. y MERINO, J.Á., 2012. Phenological and water-use patterns underlying maximum growing season length at the highest elevations: implications under climate change. *Tree Physiology*, vol. 32, no. 2, ISSN 0829-318X. DOI 10.1093/treephys/tps003.
- LÓPEZ-QUINTANILLA, J., NAVARRRO-CERRILLO, R., CARREIRA, J.A., COCA, M. y RODRÍGUEZ HIRALDO, C., 2013. Los pinsapares en Andalucía: Conservación y sostenibilidad. . Sevilla: s.n., pp. 65-69. vol. 576. ISBN 978-84-9927-137-8.
- ORTIGOSA, F., ÁVILA, C., RUBIO, L., ÁLVAREZ-GARRIDO, L., CARREIRA, J.A., CAÑAS, R.A. y CÁNOVAS, F.M., 2022. Transcriptome Analysis and Intraspecific Variation in Spanish Fir (*Abies pinsapo* Boiss.). *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 23, no. 16, ISSN 1422-0067. DOI 10.3390/ijms23169351.
- PERDIGUERO, P., BARBERO, M.C., CERVERA, M.T., SOTO, A. y COLLADA, C., 2012. Novel conserved segments are associated with differential expression pat-

terns for Pinaceae dehydrins. *Planta*, vol. 236, no. 6, ISSN 1432-2048. DOI 10.1007/s00425-012-1737-4.

SUN, Z., LI, S., CHEN, W., ZHANG, J., ZHANG, L., SUN, W. y WANG, Z., 2021. Plant Dehydrins: Expression, Regulatory Networks, and Protective Roles in Plants

Challenged by Abiotic Stress. *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 22, no. 23, ISSN 1422-0067. DOI 10.3390/ijms222312619.

Para saber más: Detalle buscador mapa - Ventana del Visitante (juntadeandalucia.es)