

BIBLIOGRAFÍA (APA 6ª Ed):

Álvarez, J. (1999). *Dinámica sucesional tras el abandono y recuperación del matorral mediante pastoreo controlado. Experiencia en un sector de la montaña de León*. Lleida: Servei de Publicacions de la Universitat de Lleida.

Barreno-Rodríguez, E. y Pérez-Ortega, S. (2003). *Líquenes de la Reserva Natural Integral de Muniellos*, Asturias. Oviedo: Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras del Principado de Asturias y KRK Ediciones.

Belousova, I., Pucek, Z., Krasnińska, M., Krasniński, Z. A. y Olech W. (2003). *European Bison: Status Survey and Conservation Action Plan*. Cambridge: International Union for Conservation of Nature - World Conservation Union.

Díaz, A. (1996). *Efecto de un raleo sobre el crecimiento de un bosque secundario de altura, cordillera de Talamanca, Costa Rica. (Tesis de maestría)*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba.

Gębczyńska, Z., Gębczyński, M., y Martynowicz, E. (1991). *Bisoniana 105. Food eaten by the free-living European bison in Białowieża Forest*. *Acta Theriologica*, 36(3), 307-313. doi: <https://doi.org/10.4098/at.arch.9132>.

Gębczyńska, Z., Kowalczyk, J., Krasnińska, M., y Ziotecka, A. (1974). *Bisoniana LV. A comparison of the digestibility of nutrients by European bison and cattle*. *Acta Theriologica*, 19(19), 283-289. doi: <https://doi.org/10.4098/at.arch.74-22>.

Gill, R. (1992). *A review of damage by mammals in north temperate forests: 1. Deer*. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 65(2), 145-169.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. (2001). *PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis*. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 1-9.

Larter, N. C. y Gates, C. C. (1990). *Diet and habitat selection of wood bison in relation to seasonal changes in forage quantity and quality*. *Canadian Journal of Zoology*, 69(10), 2677-2685. DOI: <https://doi.org/10.1139/z91376>.

López-Santalla, A. y López-García, M. (2019). *Los Incendios Forestales en España Decenio 2006-2015*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Moralejo, E., García-Muñoz, J. A. y Descals, E. (2009). *Susceptibility of Iberian trees to *Phytophthora ramorum* and *P. cinnamomi**. *Plant pathology*, 58(2), 271-283. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2008.01956.x>.

Pedreira, P., Penon, E., Borgnia, M. (2017). *Descortezado en forestales producido por la ardilla introducida *Callosiurus erythraeus* (Sciuridae) en Argentina*. *Bosque (Valdivia)*, 38(2), 415-420. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002017000200019>.

Raczyński, J. (2019). *European Bison Pedigree Book*. Białowieża: Redakcja.

Sallé, A., Nageleisen, L. M. y Lieutier, F. (2014). *Bark and wood boring insects involved in oak declines in Europe: Current knowledge and future prospects in a context of climate change*. *Forest Ecology and Management*, 328(1), 79-93. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.05.027>.

Węcuk, K., Hartmann, S., Pajmans, J., Taron, U., Xenikoudakis, G., Barlow, A. (2016). *Complex Admixture Preceded and Followed the Extinction of Wisent in the Wild*. *Molecular Biology and Evolution*, 34(3), 598-612. DOI: <https://doi.org/10.1093/molbev/msw254>.

Análisis estadísticos:

En primer lugar, se comprobó si las variables cuantitativas (altura, perímetro y % de corteza) se ajustaba a una distribución normal para poder aplicar posteriormente pruebas estadísticas paramétricas o sus variantes no paramétricas. La comprobación se realizó con el test de Shapiro-Wilk, mostrando que la altura no se apartaba significativamente de la distribución normal ($p = 0,07426$), pero el perímetro ($p = 1,03 \cdot 10^{-9}$) y el % de corteza ($p = 6,68 \cdot 10^{-11}$) no seguían la distribución normal. Por esta razón cuando se incluyen dichas variables en los cálculos se utilizan pruebas no paramétricas. Para todos los análisis se ha utilizado el programa bioestadístico PAST 3.18 (Hammer et al., 2001).

El análisis de los datos se llevó a cabo en dos partes acorde con los objetivos del estudio, una primera parte que busca entender la relación de los parámetros con la selección de árboles por los bisontes y su descortezamiento y una segunda parte sobre el efecto de dicho descortezamiento sobre los árboles.



a) Parámetros que influyen en la elección de árboles y su descortezamiento:

En primer lugar, se analizaron todas las variables mediante Análisis en Componentes Principales (ACP o PCA) para ver cuáles eran las más importantes en el conjunto de datos, prestando especial atención a cuánto contribuía cada variable en los componentes principales. A continuación, para ver qué variable estaba más relacionada con el % de corteza, por tanto, con la selección de los árboles, se calcularon los coeficientes de correlación de Spearman.

Para comprobar si las especies de líquenes presentes en los troncos influyen en la elección de árboles y su descortezamiento se realizó un análisis de correspondencias (AC) agrupando los árboles en categorías según su nivel de descortezamiento. Se clasificaron los árboles en 3 grupos según el grado de descortezamiento sufrido basándonos en la corteza que poseían:

- Intacto o poco: 71% - 100%
- Intermedio: 31% - 70%
- Mucho: 0% - 30%

b) Efecto del descortezamiento en los árboles:

Con el fin de determinar qué variables de las estudiadas diferían entre los árboles vivos y los muertos, se realizaron test estadísticos para la altura (test t de Student), y para el perímetro y la corteza (test de MannWhitney).

Finalmente, con el objetivo de ver el efecto de la ausencia de corteza sobre la capacidad de rebrotar, se realizó el test no paramétrico de Mann-Whitney, comparando los árboles rebrotados y no rebrotados.

RESULTADOS:

· Parámetros que influyen en la elección de árboles y su descortezamiento:

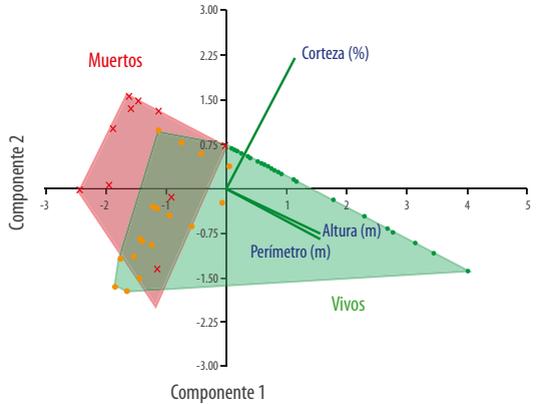


Figura 4. Localización de muestras y variables en el plano definido por los dos primeros ejes del Análisis de componentes principales (ACP). Las cruces rojas representan los árboles muertos, mientras que los puntos verdes y naranjas representan los árboles intactos (100% corteza) y descortezados respectivamente. Se ha añadido un polígono rojo que engloba a los árboles muertos y uno verde para los árboles vivos. Se representan con vectores las variables utilizadas para generar los ejes.

El componente principal 1 explica un 67% de la varianza, mientras que el componente principal 2 explica un 24%. Gráficamente se observa como las variables que mejor separan las muestras son la altura y el perímetro. Esto se corresponde con que las variables que más contribuyen al componente 1 (**Tabla 1**) son la altura y el perímetro (ambas un 0,63), mientras que al componente 2 la que más contribuye es el porcentaje de corteza (0,89).

Tabla 1. Contribución de cada variable al ACP.

	CP 1	CP 2
Corteza (%)	0,4602	0,8876
Perímetro (m)	0,6258	-0,3400
Altura (m)	0,6298	-0,3108

Los coeficientes de correlación de Spearman indican que la mayor correlación se da entre la altura y el perímetro de los árboles (0,85). El porcentaje de corteza también se correlaciona con el perímetro (0,65) y con la altura (0,60). La correlación entre el porcentaje de corteza y el perímetro no parece ser aleatoria ($p = 6,9 \cdot 10^{-9}$).



El análisis de la composición de líquenes (**Figura 5**) de los árboles muestra como los más afectados disminuyen su diversidad de especies con respecto a los menos afectados. La especie que más disminuye su abundancia es *Melanelia elegantula*, aunque también se observa una disminución de *Phlyctis argena* y *Pertusaria*.

No se observa una tendencia clara en la composición líquénica en función de que los árboles estén más o menos afectados. Sí se ve que los menos afectados pueden presentar más variedad de especies, mientras que los más afectados se localizan más próximos entre sí, indicando un mayor parecido en las especies que presentan.

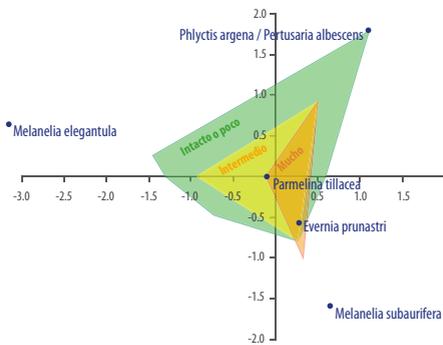


Figura 5. Análisis de correspondencias (AC) basado en la composición de líquenes de los árboles. Con los 3 polígonos de colores se representan las 3 categorías basadas en el grado de descortezamiento observado. Los puntos azules representan las especies de líquenes recogidas e identificadas.

Para conocer cuánta varianza explican los ejes representados en la Figura 5 se presentan los autovalores (eigenvalues) y el porcentaje que suponen del total en siguiente tabla (**Tabla 2**).

Tabla 2. Contribución de cada uno de los dos ejes representados en el AC.

Eje	Autovalor (Eigenvalue)	% del total
1	0,3727	40,58
2	0,2619	28,52

Centrándonos en el efecto del perímetro vemos que al realizar un gráfico de dispersión entre la corteza y el perímetro (**Figura 6**) se observa que todos los árboles descortezados se concentran en una nube de puntos entre 20 y 40 cm de perímetro, teniendo los más afectados un perímetro medio de 24,34 cm. Por lo que a partir de los 40 cm todos los árboles se encuentran intactos.

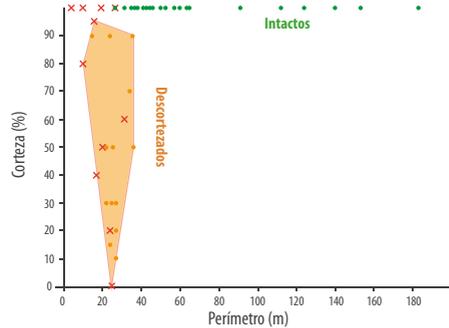


Figura 6. Gráfico de dispersión relacionando el porcentaje de corteza presente en los árboles con su perímetro (cm). Las cruces rojas representan los árboles muertos, mientras que los puntos verdes y naranjas representan los árboles intactos (100% corteza) y descortezados respectivamente. Se ha añadido un polígono naranja que engloba a los árboles descortezados para facilitar la interpretación.

• Efecto del descortezamiento en los árboles:

Cuando se compara el porcentaje de corteza, perímetro y altura de los árboles entre ejemplares vivos y muertos, parece que las tres variables influyen en la supervivencia (**Figura 7**), siendo mayor la diferencia para las variables perímetro y altura.

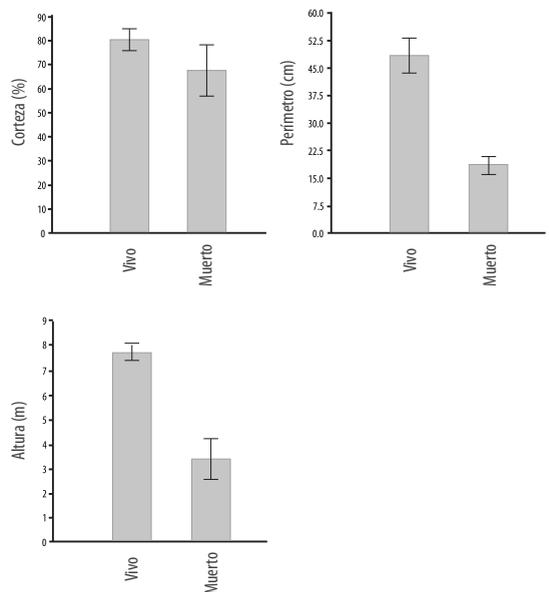


Figura 7. Comparación del porcentaje de corteza, el perímetro (cm) y la altura (m) de árboles muertos y vivos. En los gráficos de barras se muestran los valores medios de cada clase y el error estándar. Los valores numéricos para árboles vivos fueron de 80,47% \pm 4,57 / 48,43cm \pm 4,74 / 7,75m \pm 0,31 y para los muertos fueron 67,73% \pm 10,90 / 18,50cm \pm 2,43 / 3,40m \pm 0,84.



Sin embargo, al realizar las pruebas estadísticas esto no es así. El test de Mann-Witney entre el porcentaje de corteza y la supervivencia no muestra diferencias significativas atribuibles a esta variable ($p = 0,12$). Por otra parte, si se compara la supervivencia con el perímetro ($p = 1,72 \cdot 10^{-5}$ con Mann-Witney) y la altura de los árboles ($p = 5,28 \cdot 10^{-7}$ con t-student) sí se observan diferencias significativas evidentes.

Al comparar el porcentaje de corteza de árboles con y sin rebrotes sí que se observa un efecto evidente (**Figura 8**). Estas observaciones concuerdan con los resultados estadísticos del test de Mann-Witney, que sí detecta diferencias significativas ($p = 2,6 \cdot 10^{-4}$) en los rebrotes en función del porcentaje de corteza.

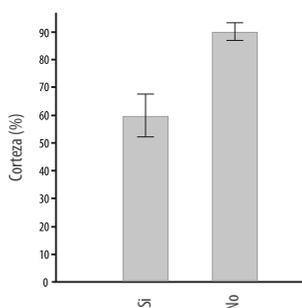


Figura 8. Comparación del porcentaje de corteza entre árboles con y sin rebrotes (rebotes sí/no). Se muestran los valores medios de cada clase y el error estándar, numéricamente los árboles con rebrotes tuvieron una media de 59,58% ± 8,24, mientras que en los que no tenían rebrotes fue de 89,50% ± 3,69.

