

LA PROCESIONARIA DEL PINO EN LOS PINARES AUTÓCTONOS DE SIERRA NEVADA

J. A. HÓDAR, R. ZAMORA, E. BARAZA y J. CASTRO

Grupo de Ecología Terrestre, Departamento de Biología Animal y Ecología, Universidad de Granada, E-18071 Granada, España. email: jhodar@goliat.ugr.es

RESUMEN

Los pinares autóctonos de pino albar, salgareño y resinero forman parte del paisaje forestal del Espacio Natural Protegido de Sierra Nevada, en especial en la zona cercana al pico del Trevenque, aunque incluso allí los pinares mejor conservados se mezclan con repoblaciones. Durante los años 1997-1999 analizamos los efectos negativos de la procesionaria del pino en el crecimiento de los árboles y los posibles factores determinantes de su dinámica poblacional eruptiva. La defoliación por procesionaria causa una merma tanto en crecimiento como en capacidad reproductiva de los pinos: crecen menos en altura, producen menos piñas, menos piñones por piñas, y piñones de menor tamaño. En cuanto a la dinámica poblacional, el inicio de la fase de plaga viene determinado por factores climatológicos, concretamente por inviernos con temperaturas suaves, mientras que el final se debe a una reducción en la calidad del alimento, que impide el desarrollo adecuado de las orugas sobre pinos previamente defoliados. En todo caso, el inicio y desarrollo de la fase de plaga está muy condicionado por la estructura que presenta el bosque, por lo que un manejo adecuado de la estructura del pinar puede ser una buena herramienta para controlar la incidencia de la procesionaria.

P.C.: defoliación, dinámica poblacional, efectos del clima, estructura del bosque, pinos *Pinus* spp., procesionaria del pino *Thaumetopoea pityocampa*.

SUMMARY

The forest landscape of Sierra Nevada includes autochthonous woodlands of Scots, Black and Cluster pines, especially in the area near the Trevenque peak, although they grow intermingled with human afforestations. In this work we analyse the negative effects of the pine processionary caterpillar on pine growth and reproduction during the plague of years 1997-1999. We also study the possible factors determining the eruptive population dynamics of the processionary. Defoliation due to processionary caterpillar limits growth and reproductive capacity: pines reduce its height growth, produce fewer cones, fewer seeds per cone, and smaller seeds. The outbreaks of pine processionary seem to start due to climatic factors, namely mild winters, while the end of the outbreak is determined by the reduction in both food quality and quantity. The outbreak dynamics is strongly determined by the forest structure. We suggest that an adequate management of the forest structure can be a good tool to prevent the incidence of pine processionary caterpillar plagues.

K.W.: climatic effects, defoliation, forest structure, pine *Pinus* spp., pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa*, population dynamics.

INTRODUCCIÓN

A finales de los años 90 una fuerte plaga de procesionaria del pino (*Thaumetopoea pityocampa*, Lepidoptera, Thaumetopoeidae) afectó severamente a la mayor parte de los pinares de la provincia de Granada. Esta situación llegó a ser noticia para el gran público (e.g. GALLASTEGUI 1998) debido a los problemas médicos que pueden causar las larvas de los instars cuarto y quinto, que presentan pelos muy urticantes (PÉREZ-CONTRERAS & TIerno DE FIGUEROA 1997). En el Espacio Natural Protegido de Sierra Nevada muchos pinares sufrieron defoliaciones masivas en los inviernos de 1997-1998 y 1998-1999, incluyendo entre ellos las masas de pinar autóctono de pino albar nevadense (*Pinus sylvestris nevadensis*) que crece en la zona del Trevenque. En esta población y en la de Prados del Rey en el Parque Natural de Sierra de Baza aparecieron pinos infestados a altitudes tan inusuales como 2150 m sobre el nivel del mar. Dada la fuerte sensibilidad que la procesionaria muestra durante su desarrollo a las temperaturas muy bajas (las larvas en sus bolsas no resisten menos de -10° C, DEMOLIN 1969a), las altitudes alcanzadas por la plaga en estos años pueden considerarse excepcionales.

Ante lo inusual de la situación, iniciamos un estudio con el fin de determinar, por un lado, cuáles eran los posibles factores que habían determinado la extensión de la plaga de procesionaria, y por el otro qué efectos podían tener en las poblaciones relictas de pino albar nevadense, una especie que por su hábitat rara vez se veía afectada por la procesionaria. En este trabajo presentamos un resumen de los resultados obtenidos tras cuatro años de investigación, y ofrecemos algunas medidas de gestión que pueden ser útiles para el control futuro de la plaga en estas áreas protegidas

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo de campo se ha localizado en el Espacio Natural Protegido de Sierra Nevada, entre los picos del Trevenque y el Tesoro, alrededor de la Casa Forestal de La Cortijuela (1680 m.s.n.m.). En esta zona coexisten de forma natural tres especies de pino: el albar nevadense, el salgareño *Pinus nigra salzmannii* y el resinero *Pinus pinaster*. A estas poblaciones naturales se añaden grandes manchas de repoblaciones de las tres especies. El pino albar se extiende desde 1600 hasta 2100 m de altitud, generalmente en barrancos húmedos y fríos, orientados al norte, en tanto salgareño y resinero prefieren exposiciones algo más soleadas (ver e.g. CATALÁN 1991). La mayor parte del estudio se centró en el pino albar, ya que la zona de estudio coincide con la población relictas situada en esta zona. Los datos climáticos usados en este estudio proceden de una estación meteorológica sita en la propia casa forestal.

Durante los inviernos de 1998 y 1999 hicimos varios experimentos en la zona del Collado de Ruquino, a 1,5 km de la Cortijuela, 1750 m s n m. En esta zona coinciden las tres especies de pino creciendo de forma natural. Los experimentos iban encaminados a evaluar la capacidad de selección de la mariposa a la hora de hacer la puesta en los diferentes pinos, y cómo esta selección afectaba a la supervivencia de las larvas. En primer lugar realizamos censos de puestas en las tres especies de pino, contabilizando el número de puestas localizables en un individuo adulto de pino en períodos de tiempo de un minuto. A continuación, planteamos un experimento en el que intercambiábamos puestas entre las tres especies de pino, y cuando las larvas alcanzaban el instar 2 recogíamos las bolsas para contabilizar el número de larvas que habían alcanzado dicho instar respecto a las nacidas de la puesta. Complementamos los experimentos en campo con tests de palatabilidad realizados en laboratorio, en los que ofrecíamos a las larvas acículas de las tres especies de pino, y controlábamos el consumo de las diferentes acículas y la supervivencia y crecimiento de las larvas. En el invierno de 1999 escogimos además cuarenta pinos albares juveniles divididos en cuatro lotes en función de la defoliación sufrida en los dos inviernos anteriores (no defoliados, defoliados el invierno de 1998, defoliados el invierno de 1999, y defoliados ambos inviernos; 10 pinos por lote), y de nuevo fijamos puestas experimentales a ellos con el fin de comprobar el efecto que la defoliación previa tenía en la supervivencia de las larvas.

Además de estos estudios experimentales, en el invierno 1996-97 marcamos 63 pinos albares juveniles en la zona del Collado de Ruquino y 57 pinos albares adultos entre la Loma de los Panaderos (1850 m s n m) y el Jardín Botánico de La Cortijuela (1650 m s n m), para estudiar la incidencia de la defoliación por procesionaria en el crecimiento y la reproducción de los pinos. Tanto en los pinos juveniles como en los adultos, al final de cada invierno estimamos el porcentaje de defoliación sufrido por cada pino. Pero para los juveniles, en septiembre determinamos el crecimiento relativo anual, dividiendo el crecimiento del brote terminal por la altura total del pino, mientras que para los adultos medimos piñas en pinos defoliados y no defoliados (veinte piñas por pino, diez pinos por lote) y estimamos la producción de piñas (mediante conteo directo) y de flores masculinas (porcentaje de la copa con presencia de flores). En Collado de Ruquino además, escogimos en enero de 1997 diez pinos adultos con defoliaciones cercanas al 50%, en los que recogimos 15 piñas procedentes de ramas defoliadas y 15 piñas de ramas no defoliadas. A estas piñas les medimos su longitud máxima y contabilizamos el número de piñones sanos y su peso medio por piña.

RESULTADOS

Entre el año 1998 y el 2001 ha habido una fuerte variación en la intensidad de la herbivoría sufrida por los pinos. Los inviernos de 1998 y 1999 mostraron en general fuertes defoliaciones (adultos: $61,4 \pm 5,6$ y $66,3 \pm 5,6$ %, juveniles: $31,7 \pm 5,1$ y $40,6 \pm 5,2$ %, respectivamente), en tanto en el invierno de 2000 redujeron mucho su afección (adultos: $43,5 \pm 4,8$ %, juveniles: $3,0 \pm 0,5$ %). Aunque la variación en la intensidad de afección es similar en ambos, los juveniles siempre tuvieron

defoliaciones menos intensas que los adultos. Estos datos coinciden en general con los ofrecidos por los informes que la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía emite sobre la provincia de Granada para el Plan de Lucha Integrada contra la procesionaria del pino, en los que se pone de manifiesto que el año 1998 fue el de mayor infestación en toda la década (CMA 2000).

Los experimentos llevados a cabo en el Collado de Ruquino sugieren que las mariposas no son selectivas a la hora de hacer la puesta. Aunque los pinos resineros reciben menos puestas que albares y salgareños (el número de puestas localizadas por minuto es la mitad), hay un importante número de mariposas que los eligen como lugar de ovoposición. Esto, sin embargo, contrasta con el escaso éxito de las larvas que se alimentan sobre pino resinero en fases tempranas: menos del 5% de las larvas en los experimentos de campo y el 0% en laboratorio que se alimentaron de pino resinero alcanzaron el instar 2, mientras que más de la mitad de las larvas llegaron a instar 2 alimentándose de albar o de salgareño. Por contra, una vez superado el instar 2, las larvas pueden alimentarse de los tres pinos indistintamente, y si pueden elegir entre las tres especies, prefieren las acículas del resinero.

En cuanto al efecto de la defoliación previa en el pino sobre la supervivencia de las larvas, comprobamos que bajaba desde $65,9 \pm 4,2\%$ en los pinos control hasta $31,8 \pm 4,5\%$ en los pinos defoliados dos años seguidos, mientras que alcanza niveles intermedios ($50,1 \pm 5,0$ y $43,5 \pm 5,4\%$) en los pinos defoliados un solo año previo.

Tabla 1. Crecimiento relativo (cm/m y año, media \pm error estándar, tamaño de muestra entre paréntesis) de los pinos albares juveniles marcados en el Collado de Ruquino.

Grado de defoliación	1998		1999	
No defoliados	$14,9 \pm 0,7$	(30)	$9,5 \pm 1,1$	(18)
de 1 a 24%	$10,4 \pm 0,9$	(9)	$7,4 \pm 0,9$	(13)
de 25 a 74%	$9,5 \pm 1,9$	(6)	$4,5 \pm 0,8$	(11)
de 75 a 94%	$9,0 \pm 1,5$	(8)	$3,9 \pm 1,2$	(6)
95% o más	$5,7 \pm 0,7$	(10)	$2,0 \pm 0,5$	(15)

Analizando ahora las consecuencias de la defoliación por procesionaria en los pinos, el efecto sobre los juveniles es una marcada reducción en el crecimiento. La defoliación sufrida en el invierno de 1998 provoca una significativa reducción en el crecimiento relativo de los juveniles, que es además fuertemente dependiente de la intensidad de la herbivoría previa sufrida. Lo mismo ocurre con el crecimiento del año 1999 respecto a la defoliación sufrida en el invierno de 1999 (Tabla 1). En los adultos, en los que no medimos crecimiento, sí observamos una marcada reducción en su capacidad reproductiva. Cuando un pino sufre una defoliación en parte de sus ramas, estas ramas producen piñas de menor tamaño, con menos piñones sanos y aún los sanos de menor peso. Aunque hay una fuerte variación entre unos pinos y otros, y una interacción significativa entre el árbol y la defoliación, el factor más determinante para todos los estimadores reproductivos analizados fue la defoliación. Algo similar ocurre cuando, en vez de ramas dentro del mismo árbol, comparamos pinos diferentes. Las piñas recogidas en la primavera del 2000 en pinos que habían sufrido una defoliación intensa los dos inviernos anteriores presentaban piñas de muy pequeño tamaño ($21,3 \pm 0,2$ mm) en comparación con las que tenían los individuos no defoliados ($43,9 \pm 0,4$ mm, $F_{1,398} = 2298,1$, $p < 0,0001$).

Defoliación	Sin defoliación	De 1 a 24%	De 75 a 94%	95% o más
Cantidad de flores				
Sin flores masculinas	16,7	28,6	0	0
Del 1 al 4 %	25,0	0	0	6,3
Del 5 al 24%	33,3	14,3	5,6	6,2
25% o más	25,0	57,1	94,4	87,5
Flores femeninas (n°)	$18,9 \pm 6,8$	$10,7 \pm 6,5$	$1,0 \pm 0,7$	0 ± 0

Tabla 2. Relación entre la defoliación previa y la capacidad reproductiva en el pino albar. Las flores masculinas se expresan como porcentaje de la copa con presencia de flores, y las flores

femeninas como media \pm ES de piñas por árbol. La defoliación previa sufrida por los árboles se expresa como porcentaje de pérdida de hojas, estimado visualmente. No hubo árboles con defoliación intermedia (del 25 al 74%).

Por otro lado, la defoliación no sólo reduce el tamaño de las piñas y el número y peso de las semillas, sino que agota de las reservas del pino. Esto causa una reducción en la inversión reproductiva en las siguientes estaciones, tanto en producción de flores masculinas como femeninas. Así, los pinos más defoliados en los inviernos de 1998 y 1999 produjeron menos primordios femeninos y flores masculinas en la primavera del 2000 (Tabla 2).

DISCUSIÓN

La capacidad de selección de la procesionaria sobre las distintas especies de pino que tiene disponibles parece más el resultado de una mortalidad diferencial de las larvas sobre las diferentes especies de pino que una verdadera selección específica por parte de la mariposa. En efecto, la procesionaria parece elegir los pinos en los que hace la puesta más por criterios visuales (pinos que destacan sobre el horizonte, DEMOLIN 1969b) que de calidad del alimento para sus larvas (datos no publicados). De hecho, la no selectividad en la ovoposición es una característica de los insectos que muestran dinámicas poblacionales eruptivas (PRICE *et al.* 1990). Un factor imprevisible, usualmente climático, como un invierno suave que incrementa la supervivencia de las larvas, provoca el inicio de la fase de plaga, mientras que el agotamiento del alimento (o de su calidad, según nuestros datos) provoca una mortalidad masiva y una caída a la fase estacionaria. La procesionaria encaja bien en este modelo según todos los datos recogidos por nosotros en Sierra Nevada. La plaga ha sido fuerte en los años 1997 y 1998, que se han correspondido con inviernos lluviosos y templados, y la fuerte defoliación sufrida en estos años ha hecho bajar la calidad de los pinos como alimento para las larvas. Sin embargo, un factor de gran importancia es la estructura del bosque, ya que si la disponibilidad de huéspedes óptimos es baja, las posibilidades de erupción se ven reducidas al depositarse mayor número de puestas en huéspedes que no permiten el desarrollo de las larvas (TAMMARU *et al.* 1995, FLOATER & ZALUCKI 2000; ver también MASUTTI & BATTISTI 1990). En este sentido, las repoblaciones masivas con individuos muy próximos y de la misma especie favorecen sobremanera la extensión virulenta de la procesionaria cuando las condiciones ambientales desatan la plaga. Por contra, un ambiente más heterogéneo con diversas especies combinadas, a ser posible con especies poco susceptibles a la procesionaria, sería la estructura ideal para evitar las periódicas defoliaciones que sufren nuestros pinares sin necesidad de un tratamiento selvícola continuado, ya que la propia composición y estructura del bosque mantendrían a la procesionaria en una fase poblacional de latencia.

A este marco hay que añadir la situación de cambio climático en la que el planeta se halla envuelto, y que está empezando ya a afectarnos de forma directa. Durante estos años apuntábamos que la procesionaria ha afectado a pinares situados a altitudes rara vez alcanzadas anteriormente. Es sabido que la temperatura desciende conforme ascendemos en altitud en una montaña, y dada la fuerte sensibilidad que muestra la procesionaria a las temperaturas muy frías en invierno, es lógico suponer que el frío es el principal factor limitante para que la especie gane altitud en los pinares de nuestras montañas. Sin embargo, en una dinámica de calentamiento global, lo que hasta hace unos años era el límite altitudinal de la procesionaria, coincidente con las primeras poblaciones de pino albar nevadense (que, por lo tanto, se veían en general libres de su ataque) hoy día se encuentra en plena área de actuación de la plaga. Esto debe llamarnos la atención sobre el futuro que corren las poblaciones de la variedad nevadense del pino albar, acantonadas como están en pequeñas islas de hábitat más o menos propicio en Sierra Nevada y Sierra de Baza. En anteriores trabajos hemos mostrado que la regeneración natural vía semillas está fuertemente limitada por depredación y sequía (CASTRO 2000, CASTRO *et al.* 1999), y que incluso una vez asentados los juveniles, la alta presión que sufren por parte de los ungulados limita sus posibilidades de crecimiento, más en las zonas limítrofes del bosque de mayor altitud (HÓDAR *et al.* 1996, ZAMORA *et al.* 2001) hacia donde la población tendría que migrar. Si las poblaciones nevadenses no pueden ganar altura en las montañas, el efecto de la procesionaria puede hacerse más y más grave conforme incrementen las temperaturas. De ahí la necesidad de 1) manejar la densidad y estructura de los pinares ya existentes, con el fin de reducir su susceptibilidad a la procesionaria, y 2) favorecer la restauración y regeneración natural del

pinar en las partes altas de su actual rango de distribución.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro trabajo en el Espacio Natural Protegido de Sierra Nevada y en el Parque Natural de la Sierra de Baza contó con los permisos correspondientes de la Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, así como con la inestimable ayuda de los directores, técnicos, guardería y viveristas, de dichos Parques. Nuestras investigaciones se han financiado a través de los proyectos de la CICYT AGF98-0984, 1FD97-0743-CO3-02 y AGF99-0618.

BIBLIOGRAFÍA

- CASTRO, J.; (2000). *Dinámica de la regeneración de los pinares autóctonos de pino silvestre (Pinus sylvestris L. var. nevadensis Christ) de Sierra Nevada y Sierra de Baza*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, Granada, 185 págs.
- CASTRO, J.; GÓMEZ, J. M.; GARCÍA, D.; ZAMORA, R. & HÓDAR, J. A.; (1999). *Seed predation and dispersal in relict Scots pine forests from south Spain*. Plant Ecology 145:115-123.
- CATALÁN, G.; (1991). *Las regiones de procedencia de Pinus sylvestris L. y Pinus nigra Arn. subsp. salzmannii (Dunal) Franco en España*. ICONA, Madrid, 31 págs. + mapas.
- CMA (Consejería de Medio Ambiente); (2000). *Medio Ambiente en Andalucía. Informe 1999*. Junta de Andalucía, Sevilla.
- DEMOLIN, G.; (1969a). *Bioecología de la procesionaria del pino Thaumetopoea pityocampa Schiff. Incidencia de los factores climáticos*. Boletín del Servicio de Plagas Forestales 12:9-24.
- DEMOLIN, G.; (1969b). *Comportement des adultes de Thaumetopoea pityocampa Schiff. Dispersion spatiale, importance écologique*. Annales des Sciences Forestières 26:81-102.
- FLOATER, G. J. & ZALUCKI, M. P.; (2000). *Habitat structure and egg distribution in the processionary caterpillar Ochrogaster lunifer: lessons for conservation and pest management*. Journal of Applied Ecology 37:87-99.
- GALLASTEGUI, I.; (1998). *La Junta recurrirá al veneno, tras duplicarse el área de pinos destruidos por la procesionaria*. Diario IDEAL, 8 de Febrero de 1998, pág. 5.
- HÓDAR, J. A.; CASTRO, J.; GÓMEZ, J. M.; GARCÍA, D. & ZAMORA, R.; (1998). *Effects of herbivory on growth and survival of seedlings and saplings of Pinus sylvestris nevadensis in SE Spain. Ecological basis of livestock grazing in Mediterranean ecosystems* (PAPANASTASIS, V. P. & PETER, D.; editores); Official Publications of the European Communities; Luxemburgo; págs. 264-267.
- MASUTTI, L. & BATTISTI, A.; (1990). *Thaumetopoea pityocampa (Den. and Schiff.) in Italy. Bionomics and perspectives of integrated control*. Journal of Applied Entomology 110:229-234.
- PÉREZ-CONTRERAS, T. & TIerno DE FIGUEROA, M.; (1997). *La procesionaria del pino y sus defensas urticantes*. Quercus 135:20-22.
- PRICE, P. W.; COBB, N.; CRAIG, T. P.; FERNANDES, G. W.; ITAMI, J. K.; MOPPER, S. & PRESZLER, R. W.; (1990). *Insect herbivore population dynamics on trees and shrubs: new approaches relevant to latent and eruptive species and life-table development. Insect-plant interactions*. Vol. II. (E. A. BERNAYS; editor); CRC Boca Raton; Florida; págs. 1-38.
- TAMMARU, T.; KAITANIEMI, P. & RUOHOMÄKI, K.; (1995) *Oviposition choices of Epirrita autumnata (Lepidoptera: Geometridae) in relation to its eruptive population dynamics*. Oikos 74:296-304.
- ZAMORA, R.; GÓMEZ, J. M.; HÓDAR, J. A.; CASTRO, J. & GARCÍA, D.; (2001). *The effect of browsing by ungulates on Scots pine growth in a Mediterranean environment: consequences for forest regeneration*. Forest Ecology and Management (en prensa).