



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | Plasencia
Cáceres, Extremadura

7CFE01-468

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Impacto de la defoliación en la producción de bellotas: una aproximación experimental.

CANELO HERNÁNDEZ, T.¹, GAYTÁN DE LA NAVA, A.¹, GONZÁLEZ BORNAY, G.¹, BONAL ANDRÉS, R.¹

¹ Grupo de Investigación Forestal, Escuela de Ingeniería Forestal y del Medio Natural, Universidad de Extremadura. Avda. Virgen del Puerto 2, 10600 Plasencia, España.

Resumen

Las dehesas son un sistema agroforestal tradicional que combina pastos con arbolado (principalmente encinas *Quercus ilex* y alcornoques *Quercus faginea*) y que ocupa cientos de miles de hectáreas en la Península Ibérica. Las orugas de varias especies de lepidópteros se alimentan de las hojas de encina y pueden causar defoliaciones intensas, las cuales podrían reducir la producción de bellotas con las consecuentes pérdidas económicas dada su importancia para la alimentación del ganado. Sin embargo, aunque se asume el efecto negativo de la defoliación en la cosecha de bellotas, los datos al respecto son escasos y correlacionales.

Para evaluar de manera experimental las consecuencias de la defoliación en el arbolado de las dehesas se realizó un experimento en 15 encinas, en las que se excluyó a los defoliadores mediante la fumigación controlada de determinados brotes. Se establecieron dos grupos de brotes experimentales: fumigación temprana, durante toda la temporada de floración; y tardía, durante el final de la floración. Las tasas de defoliación fueron menores y la producción de bellotas mayor en los brotes experimentales que en los controles. Además, la acción de los defoliadores limitó la elongación del tallo y la producción de nuevas hojas. La producción de flores no se vio afectada por la defoliación, pero sí aumentó el fallo en el desarrollo de la bellota durante el verano en aquellos que habían sido defoliados. El presente estudio demuestra, por primera vez de forma experimental, el efecto negativo de la defoliación en la producción de bellotas.

Palabras clave

Defoliadores, dehesa, producción de bellotas, experimento de exclusión, plagas.

1. Introducción

La defoliación por insectos conlleva una serie de costes en la supervivencia y reproducción de las plantas (MARQUIS 1992). La pérdida de tejido fotosintético disminuye la capacidad de captar recursos afectando negativamente, no sólo al desarrollo y mantenimiento de la planta, sino a su capacidad reproductiva, al ser la producción de semillas costosa y estar los recursos limitados (BAZZAZ et al 1987).

Existen trabajos que relacionan la defoliación con la pérdida de capacidad reproductiva (MARQUIS 1992, OBESO 1993, NIESENBAUM 1996), sin embargo, en su mayoría se trata de aproximaciones correlacionales (p. ej. VILA-CABRERA et al 2014). Este tipo de aproximaciones tiene limitaciones ya que, especialmente en estudios de campo, la correlación podría ser el resultado de la relación de ambas variables con un tercer factor. Así pues, para poder conocer el efecto real de los defoliadores sobre las plantas y su capacidad reproductiva, es necesario llevar a cabo manipulaciones experimentales en las que las conclusiones se puedan asociar sin duda al efecto de la variable que es manipulada (NIESENBAUM 1996).

En los ecosistemas forestales los principales defoliadores son las orugas de los Lepidópteros, que en ocasiones pueden provocar defoliaciones masivas sobre grandes superficies de bosque. Las consecuencias pueden llegar a ser muy graves, tanto en términos ecológicos (mortalidad y decaimiento del arbolado) como económicos (MCMANUS & CSOKA 2007). Las quercíneas (*Quercus*

spp.) y otras frondosas, que constituyen buena parte de las masas forestales de las áreas templadas del planeta, sufren periódicamente eventos de defoliación intensa (ELKINTON & LIEBHOLD 1990). La encina *Quercus ilex* es una de ellas, y el impacto de los defoliadores adquiere una especial relevancia dada la importancia económica de la especie en determinadas regiones.

La encina es la especie arbórea más extendida de la Península Ibérica. Los encinares han sido manejados por el ser humano a lo largo de los siglos y muchos de ellos transformados en dehesas, un sistema agroforestal tradicional que combina pastos con arbolado (MORENO & PULIDO 2009). Uno de los principales aprovechamientos en estos sistemas es la ganadería en régimen extensivo, para la que los frutos de las encinas (las bellotas) son un recurso alimenticio fundamental. Por todo esto, es importante estudiar el efecto de los defoliadores sobre las cosechas de bellotas y, especialmente, mediante experimentos manipulativos, algo que no se ha hecho hasta ahora en esta especie (*Q. ilex*).

Para evaluar las consecuencias de la defoliación sobre el crecimiento de los brotes y la inversión en reproducción, se realiza un experimento en el que se excluye a los depredadores en dos tratamientos con diferente duración del tiempo de exclusión y se comparan frente a un grupo control.

2. Objetivos

El objetivo fundamental es cuantificar los efectos de los defoliadores en el desarrollo de los brotes de encina (*Q. ilex*) y en la producción de bellotas. Para ello se compararon las siguientes variables entre los brotes excluidos de defoliadores y control: i) tasa de defoliación ii) longitud del tallo iii) número de hojas iv) número de flores cuajadas en junio v) número final de bellotas en septiembre vi) probabilidad de transición de flor cuajada a bellota vii) mortalidad de los brotes.

3. Metodología

3.1 Metodología del muestreo

El experimento se llevó a cabo en una dehesa situada en el término municipal de Malpartida de Plasencia (39° 56' N, 5° 58' O) en la provincia de Cáceres, España. Se seleccionaron quince encinas (*Quercus ilex*) evitando aquellas que estaban cercanas a cursos de agua, en zonas de vaguada o en terrenos con fuerte pendiente.

En cada uno de los árboles se seleccionaron tres ramas por tratamiento y diez brotes por rama sobre los que se realizaron las medidas.

El diseño incluye cuatro tratamientos:

- a) Control: necesario para utilizar como nivel de referencia para establecer comparaciones. Este grupo no se trata.
- b) Control Negativo: muy importante en este diseño, consiste en utilizar un grupo de control para asegurarse de que el procedimiento de aplicación del tratamiento experimental (en este caso la aplicación de insecticida disuelto en agua) no afecta a los resultados. Este grupo se trata sólo con agua dos veces por semana, sin insecticida, así se puede comprobar si el efecto de exclusión de defoliadores se debe al insecticida, o al hecho de rociar las ramas con un producto.
- c) Tratamiento 1: se rocía la rama dos veces por semana con insecticida disuelto en agua desde primeros del mes de abril hasta principios de junio (duración: dos meses).
- d) Tratamiento 2: se rocía la rama dos veces por semana con insecticida disuelto en agua desde primeros del mes de mayo hasta principios de junio (duración: un mes).

El tratamiento de exclusión de defoliadores consistió en la aplicación de una solución de cipermetrina disuelta en agua al 0.005% Vol. Se trata de un insecticida piretroide de amplio espectro, no sistémico, no volátil que actúa por contacto e ingestión y de baja toxicidad para mamíferos. Tiene buena efectividad en lepidópteros, coleópteros y hemípteros.

La distribución de los tratamientos en el árbol se hizo en el sentido de las agujas del reloj partiendo de la orientación sur y alternando los diferentes tratamientos de modo que todos éstos se encuentran distribuidos por todas las orientaciones.

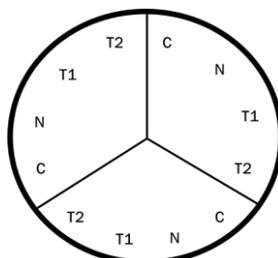


Figura 1. Distribución de los tratamientos en el árbol.

En el mes de junio se realizaron medidas de la longitud del tallo (mm), el número de hojas y el número de flores en los brotes de los tratamientos control, tratamiento 1 y tratamiento 2. En septiembre se midió en esos mismos brotes el número de bellotas y la tasa de defoliación (número de hojas defoliadas entre el número de hojas totales). Además, en septiembre estas mismas medidas se realizaron en los brotes del control negativo.

3.2 Análisis estadísticos

Se estudiaron las diferencias entre los tratamientos para las variables longitud del tallo, número de hojas, número de bellotas y porcentaje de hojas defoliadas. El experimento tiene un diseño en bloques completamente aleatorizado, por lo que se aplican modelos lineales a las variables en función del tratamiento con la variable "Árbol" como factor aleatorio. Se realiza el test de Tukey para comprobar si existe interacción entre el bloque y el tratamiento pero no se encuentran diferencias para ninguna de las variables. Después se realiza un ANOVA del modelo para testar la hipótesis de si alguno de los tratamientos afecta a alguna de las variables medidas. Cuando los resultados del ANOVA son significativos se realizan pruebas post-hoc de Tukey para comprobar entre qué tratamientos se encuentran las diferencias. Todos los análisis se realizan con el programa de estadística R Core Team (2015), se utilizan los paquetes rJava (Ubanek 2016), xlsjars (Dragulescu 2014), xlsx (Dragulescu 2014), asbio (Aho 2016), multcomp (Hothorn, Bretz y Westfall 2008), plotrix (Lemon 2016) y lsmeans (Lenth 2016).

4. Resultados

Para el análisis de los datos, primero se comprueba mediante el test de Tukey que no existe una interacción en el modelo entre el tratamiento y factor bloque: el árbol. Para todas las variables se obtiene un valor de $p > 0.05$ por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula: no existe interacción entre los bloques y el factor tratamiento (Tabla 1). Por lo tanto, el diseño empleado es correcto, se puede aplicar un modelo lineal y realizar el ANOVA en el cual, el árbol se incluye como bloque. Después, se realizan los ANOVAs de cada variable en función de los tratamientos (Tabla 1). Todos los resultados son significativos ($p < 0.05$), por lo que existen diferencias en los valores de las variables.

Tabla 1. Valores de los estadísticos de contraste del test de Tukey y de los ANOVAs de cada variable en el mes de septiembre.

Variable	Tukey test			ANOVA		
	df	F valor	p	df	F valor	p
Defoliación	1449	0.015	0.901	3, 1450	47.887	<0.001
Tallo	1449	0.908	0.341	3, 1450	17.613	<0.001
Número de hojas	1449	0.489	0.484	3, 1450	16.755	<0.001
Número de bellotas	1449	0.132	0.717	3, 1450	6.346	<0.001

El porcentaje de hojas defoliadas de cada brote varía en función de los tratamientos ($F_{(3,1450)}=47.887$ $p<0.001$; Tabla 1). Las pruebas de comparación post hoc de Tukey muestran diferencias entre el control y los tratamientos 1 y 2 ($p<0.001$ en ambos). Así como entre el negativo y los tratamientos ($p<0.001$ para ambos). Pero no existen diferencias significativas entre el control y el control negativo ($p=0.091$; media \pm EE: control= 39.735 ± 1.676 $n=324$; negativo= 45.101 ± 1.542 $n=411$) por lo que el experimento ha funcionado correctamente, los brotes tratados con insecticida están menos defoliados (Figura 2), los defoliadores han sido excluidos y se pueden asociar las diferencias en las medidas del resto de variables (longitud del tallo y número de hojas y bellotas) entre tratamientos al efecto provocado por las diferencias en la intensidad de la defoliación.

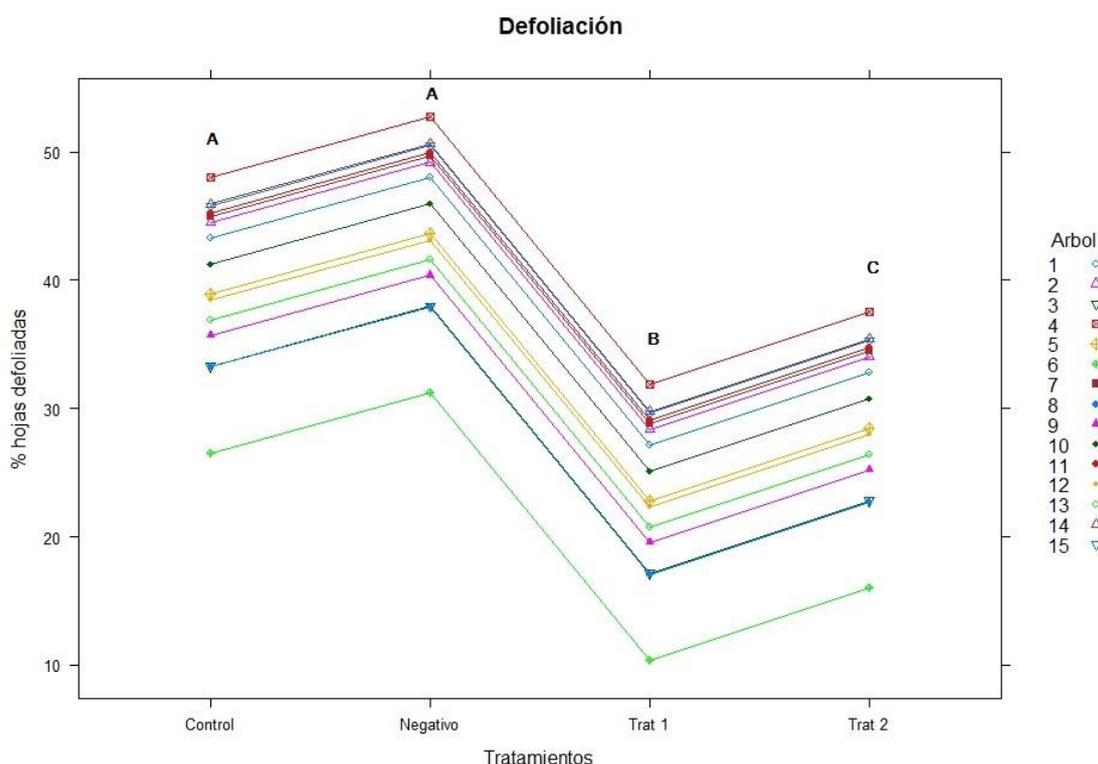


Figura 2. Porcentaje medio de hojas defoliadas en cada tratamiento y árbol (predicciones medias del modelo). Letras diferentes (A, B, y C) reflejan diferencias significativas entre grupos en las comparaciones por pares a posteriori.

Existen diferencias significativas en el grado de defoliación de los brotes entre los tratamientos 1 y 2 y los controles ($p<0.001$ en ambos; media \pm EE: tratamiento1= $23,949\pm 1,218$ $n=368$; tratamiento2= $29,566\pm 1,278$ $n=363$; Control= 39.735 ± 1.676 $n=324$). Además, también se observan

diferencias entre los dos tratamientos ($p=0.024$). Los brotes del tratamiento 2, en el que las orugas fueron excluidas durante menos tiempo, estaban más defoliados que los del tratamiento 1.

En las medidas realizadas en septiembre, para la variable **longitud del tallo**, existen diferencias significativas en la efectividad de los tratamientos ($F_{(3,1450)}=17.613$ $p<0.001$; Tabla 1). Las pruebas de comparación post hoc de Tukey muestran que las diferencias encontradas en el ANOVA se deben a las diferencias entre el control negativo y el control ($p<0.001$), el tratamiento 1 y el control ($p=0.026$) y los tratamientos 1 y 2 y el negativo ($p<0.001$ para ambos). No se encuentran diferencias entre los tratamientos 1 y 2 ($p=0.244$), ni entre el tratamiento 2 y los controles ($p=0.244$).

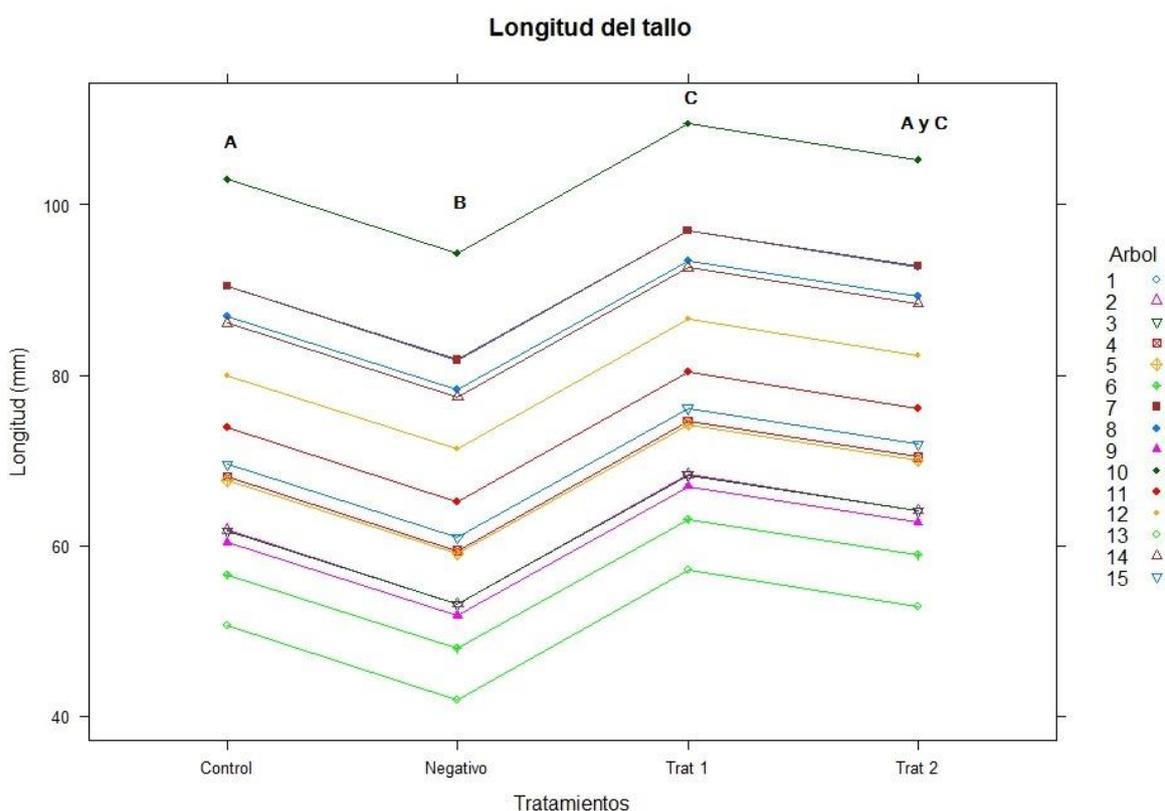


Figura 3. Longitud media del tallo en cada tratamiento y árbol (predicciones medias del modelo). Letras diferentes (A, B, y C) reflejan diferencias significativas entre grupos en las comparaciones por pares a posteriori.

Los brotes que han sido fumigados durante más tiempo, los del tratamiento 1 (media \pm EE= 80.306mm \pm 2.080 n=368), tienen mayor longitud que los brotes del control y del negativo (media \pm EE: control=72.056mm \pm 1.799 n=324; negativo=65.197mm \pm 1.460 n=411; Figura 3). Se comprueba por tanto, que la defoliación ha producido un menor desarrollo del tallo.

No existen diferencias significativas en la longitud del tallo entre los tratamientos 1 y 2 ($p=0.244$) pero las medias de ambos grupos muestran que, aquellos que han sido expuestos a los defoliadores durante más tiempo, tienen un menor tamaño aunque las diferencias no lleguen a ser significativas (media \pm EE: tratamiento1=80.306mm \pm 2.080 n=368; tratamiento2=76.393mm \pm 1.799 n=363).

Respecto a la variable **número de hojas**, también existen diferencias significativas en la efectividad de los tratamientos ($F_{(3,1450)}=16.755$ $p<0.001$). Las pruebas de comparación post hoc de Tukey muestran diferencias significativas entre los grupos control y tratamiento 1 ($p<0.001$) y el

negativo y los tratamientos 1 y 2 ($p < 0.001$ en ambos). Pero no se encuentran diferencias entre el tratamiento 2 y el control o el tratamiento 1 ($p = 0.305$ y $p = 0.106$ respectivamente).

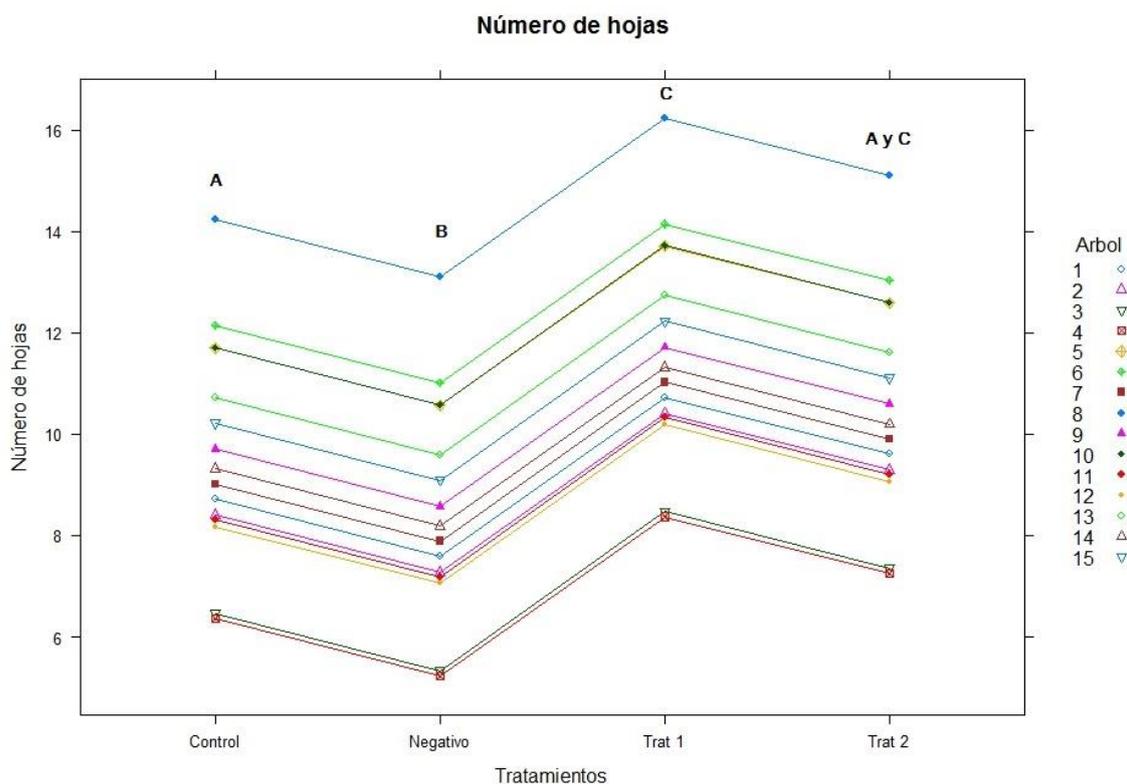


Figura 4. Número medio de hojas en los brotes para cada árbol y tratamiento (predicciones medias del modelo). Letras diferentes (A, B, y C) reflejan diferencias significativas entre grupos en las comparaciones por pares a posteriori.

Los brotes expuestos a los defoliadores tienen menos hojas (media \pm EE: control=9.562 \pm 0.325 n=324) que aquellos menos expuestos (media \pm EE: tratamiento1=11.656 \pm 0.476 n=368; $p < 0.001$; Figura 4).

El ANOVA del **número de bellotas** en septiembre muestra las diferencias significativas en la efectividad de los tratamientos ($F_{(3,1450)} = 6.346$ $p < 0.001$; Tabla 1). Las pruebas de comparación post hoc de Tukey muestran diferencias entre el control y los tratamientos 1 y 2 ($p = 0.010$ y $p = 0.039$ respectivamente). También aparecen diferencias entre el negativo y los tratamientos 1 y 2 ($p = 0.024$ y $p = 0.027$ respectivamente).

Tabla 2. Media y error estándar de la media del número medio de bellotas por brote en cada tratamiento.

Bellotas	Total	Media	EE	n
Control	10	0,031	0,010	324
Negativo	14	0,034	0,011	411
Tratamiento 1	40	0,108	0,022	368
Tratamiento 2	35	0,096	0,019	363

El número medio de bellotas por brote se encuentra por debajo de 1 porque muchos brotes finalmente no producen ninguna bellota. En cualquier caso, se observa que los brotes en los que se excluyó experimentalmente a las orugas, menos defoliados, son los que más bellotas producen (Tabla 2, Figura 5). Existen efectos directos de la defoliación durante la primavera sobre la producción de bellotas en el otoño.

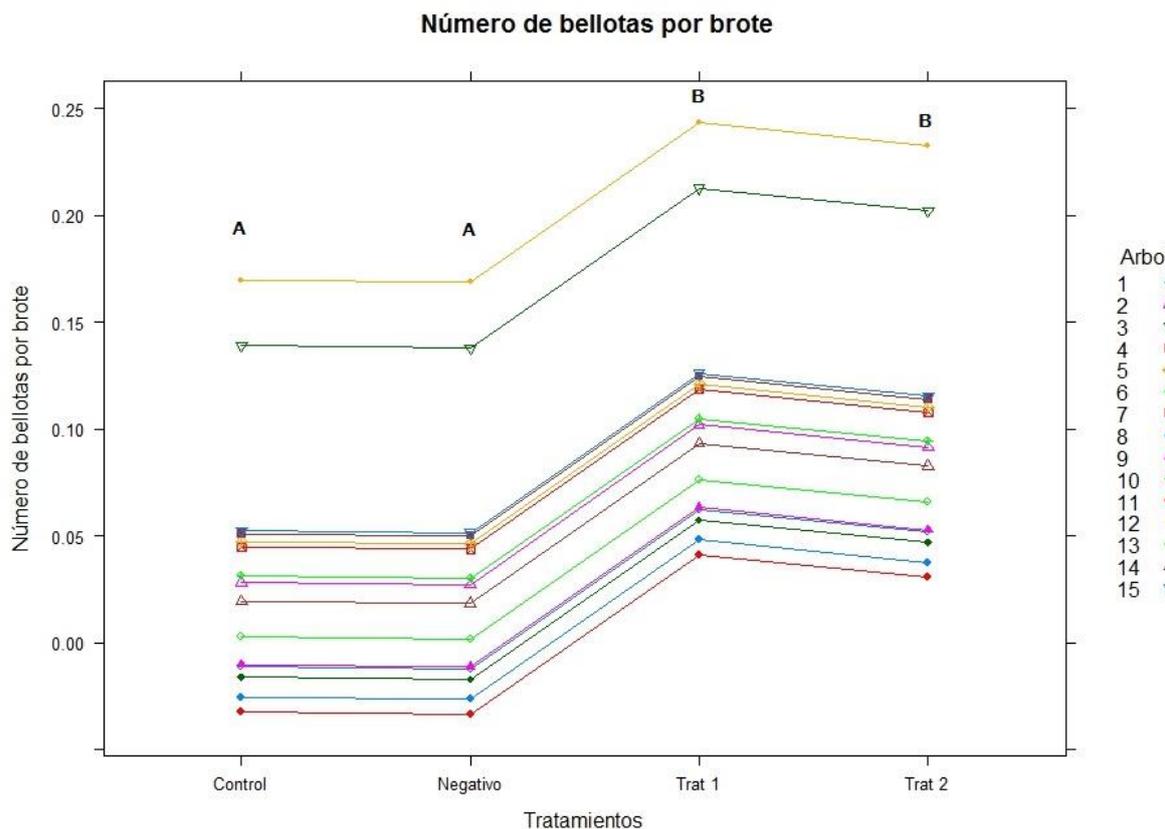


Figura 5. Número medio de bellotas en los brotes para cada árbol y tratamiento (predicciones medias del modelo). Letras diferentes (A, B, y C) reflejan diferencias significativas entre grupos en las comparaciones por pares a posteriori.

Para profundizar en las causas de la menor producción de bellotas se analizaron las diferencias en el número de flores cuajadas (bellotas incipientes) presentes en junio en los brotes controles y sometidos a los distintos tratamientos. El ANOVA no encuentra diferencias significativas entre grupos ($F_{(2,1237)}=2.010$ $p=0.123$).

Para evaluar el cambio de flor cuajada en junio a bellota desarrollada en septiembre se realiza un ANOVA de medidas repetidas entre ambos tiempos. El número de bellotas en septiembre es significativamente menor que el número de flores cuajadas en junio en todos los tratamientos (Tabla 4). Sin embargo, si calculamos la probabilidad de transición de flor a bellota para cada brote como el número de bellotas finales dividido entre el número de flores que tienen en junio, el éxito medio en la transición de un estado a otro sí difirió entre grupos ($F_{(2,112)}=3.618$ $p=0.030$). Los brotes menos defoliados tienen una mayor probabilidad de que sus flores cuajadas lleguen a producir bellotas cuajadas en septiembre. Los análisis a posteriori reflejan diferencias significativas entre el tratamiento 2 y el control, cuyos porcentajes de éxito en el paso de flor cuajada a bellota (media \pm EE) son: tratamiento2=0.401 \pm 0.064 $n=54$; control=0.156 \pm 0.054 $n=31$ ($p=0.034$).

Tabla 4. Media e intervalo de confianza del cambio entre junio y septiembre de flores cuajadas a bellotas.

Tratamiento	df	Diferencia	-IC	+IC	n
Control	311	0,058	0,02	0,095	312
Trat 1	364	0,074	0,02	0,128	365
Trat 2	359	0,114	0,048	0,18	360

Por último, la defoliación no sólo afectó a la producción de bellotas, sino a la supervivencia del brote en sí, de hecho, la **proporción de brotes que mueren** durante el verano difiere entre tratamientos ($\text{Chi}^2=18.638$ $\text{df}=2$ $p<0.001$; proporciones: control=0.24 tratamiento1=0.15 tratamiento2=0.14). Mueren más controles que brotes tratados.

5. Discusión

Los resultados muestran que nuestro tratamiento experimental tuvo éxito excluyendo a las orugas, ya que las tasas de defoliación fueron menores en los brotes fumigados. La reducción de la defoliación encaja en las expectativas de lo que cabe esperarse en un estudio de campo, en el cual, la exclusión absoluta de los insectos no es posible. Un tratamiento como el que se ha llevado a cabo, que pretende no interferir con el desarrollo del brote (algo que se consiguió al no encontrarse diferencias entre el control y el control negativo) ni en la defoliación real que afecta a las dehesas, refleja mucho mejor la realidad de lo que sucede que un experimento más controlado en estos aspectos.

Respecto a los resultados del resto de variables, la longitud de los brotes menos defoliados fue mayor, así como el número de hojas. El número de bellotas fue también más alto en los brotes tratados debido al incremento de la probabilidad de transición de flor a bellota. Lo mismo ocurrió con la supervivencia del brote durante el periodo de sequía estival.

La defoliación provoca una reducción del crecimiento, de la supervivencia y de la reproducción de las plantas (MARQUIS 1984). Los insectos, y especialmente las orugas de los Lepidópteros, son los principales agentes defoliadores de las masas forestales, siendo sus efectos mucho mayores que los de los vertebrados (BIGGER & MARVIER 1998), por ello es importante cuantificar los daños que provocan en el arbolado de las dehesas. La defoliación afecta al desarrollo del tallo. Los brotes menos defoliados sobreviven mejor (MORROW & LAMARCHE 1978, RAUSHER & FEENY 1980, MARQUIS 1992 y BYINGTON et al 1994), algo que también se ha comprobado en este experimento. Igualmente, los brotes control tienen menos hojas, algo que también se ha visto en otros estudios (BYINGTON et al 1994). La menor biomasa de los brotes defoliados se debe por tanto a dos causas: una directa, de eliminación de hojas por los defoliadores y otra indirecta, ya que debido a la estructura modular de las plantas (WATSON & CASPER 1984) la pérdida de tejido fotosintético reduce la acumulación de recursos en el brote limitando su desarrollo y la formación de nuevas hojas.

La defoliación provocó una disminución de la producción de bellotas de las encinas, algo que también se ha visto de manera experimental en otras especies de leñosas (RAUSHER & FEENY 1980, CRAWLEY 1985). Sin embargo, en el mes de junio el número de flores cuajadas (bellotas incipientes) no difirió entre los tratamientos. Este hecho apunta a que la reducción de la fecundidad de los brotes defoliados no sería una consecuencia de la depredación de las flores por parte de las orugas, sino que se debería a la menor probabilidad de supervivencia de la bellota al periodo de sequía estival. De hecho, nuestros resultados muestran que la probabilidad de transición de flor cuajada a bellota fue menor en los brotes control. Esto podría deberse a la menor disponibilidad de recursos por haber sido defoliados, de hecho, la mortalidad estival fue también mucho mayor en estos brotes.

El hecho de que la inversión en la reproducción (producción de flores) no sea diferente en función del tratamiento en el mes de junio, puede deberse al momento en el que se produce el daño: cuando la defoliación sucede a la vez que la floración, no existen diferencias en la producción de flores a nivel de planta (MARQUIS 1992). Sin embargo, a lo largo del verano, los brotes más defoliados tienen una mayor tasa de abortos que los menos defoliados por su menor disponibilidad de recursos, de hecho, se ha demostrado que en la mayoría de las leñosas existe un coste de la defoliación sobre la reproducción (OBESO 1993).

En cuanto al efecto de la duración de la exclusión de los defoliadores, se observó una menor proporción de hojas defoliadas y una mayor longitud en los brotes fumigados desde el momento inicial de la elongación con respecto a aquellos en los que el tratamiento comenzó un mes más tarde. Sin embargo, no hubo diferencias en el número final de bellotas en septiembre. Esto quiere decir que las diferencias en defoliación entre los dos tratamientos no fueron suficientes para provocar una diferencia en la producción de bellotas (algo que sí pasó al comparar los brotes tratados con los control). Desde el punto de vista práctico esto querría decir que, de cara a la productividad de frutos, no sería necesario aplicar el tratamiento a lo largo de todo el periodo de crecimiento de los brotes.

6. Conclusiones

Este estudio demuestra, por primera vez de manera experimental, que los defoliadores tienen un fuerte impacto sobre las encinas de las dehesas disminuyendo significativamente su producción de bellotas. La defoliación provoca una reducción de la supervivencia y de la reproducción de los brotes. Aunque la producción de flores no se vea influida, el debilitamiento y la falta de recursos durante el verano provocan una mayor pérdida de la cosecha de bellotas en los brotes más defoliados. La dehesa es un sistema agroforestal tradicional incluido en la Directiva Hábitats de la UE por su valor natural (MORENO y PULIDO 2009). Aparte, tiene una gran importancia socio-económica en la Península Ibérica, ya que ocupa millones de hectáreas y está sujeta a la explotación agropecuaria, por lo que los problemas que afectan a la producción de bellotas deben ser estudiados en profundidad. Este estudio refleja que en el caso de problemas muy graves de defoliación en los que fuese necesario la aplicación de algún tratamiento fitosanitario respetuoso con el medio ambiente, sería suficiente con una exposición corta para mantener la producción de bellotas.

7. Agradecimientos

Los datos obtenidos en este estudio fueron tomados en el marco del proyecto: 'Control de las plagas de encina a través del manejo ganadero: bases biológicas y nuevas aplicaciones tecnológicas' PLAGANADO AGL2014-54739-R, del Ministerio de Economía y Competitividad dentro del programa de Proyectos I+D+I "RETOS INVESTIGACIÓN", que se está llevando a cabo en el departamento de Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal de la Universidad de Extremadura por el Grupo de Investigación Forestal del Campus de Plasencia. R. Bonal ha sido contratado con financiación de la Secretaría General de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Consejería de Economía e Infraestructuras de la Junta de Extremadura en el Programa de Atracción de Talento Investigador. T. Canelo ha sido contratada con una ayuda para contrato predoctoral: Formación del Personal Investigador, del Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) Referencia: BES-2015-071382.

8. Bibliografía

AHO (AHO, K.); 2016. asbio: A Collection of Statistical Tools for Biologists. R package version 1.3-1. <https://CRAN.R-project.org/package=asbio>

BAZZAZ (BAZZAZ, F. A.); CHIARIELLO (CHIARIELLO, N. R.); COLEY (COLEY, P. D.); PITELKA (PITELKA, L. F.); 1987. Allocating Resources to Reproduction and Defense. *BioScience* 37 (1): 58-67

BIGGER (BIGGER, D. S.); MARVIER (MARVIER, M. A.); 1998. How Different Would a World Without Herbivory Be?: A Search for Generality in Ecology. *Integr Biol-UK*. 1(2): 60 - 67

BYINGTON (BYINGTON, T. S.); GOTTSCHALK (GOTTSCHALK, K. W.); MCGRAW (MCGRAW, J. B.); 1994. Within-population Variation in Response of Red Oak Seedlings to Herbivory by Gypsy Moth Larvae. *Am. Midl. Nat.* 132:328-339

CRAWLEY (CRAWLEY, M. J.); 1985. Reduction of Oak *Quercus robur* fecundity by low-density herbivore populations. *Nature*. 314, 163-164.

DRAGULESCU (DRAGULESCU, A. A.); 2014. xlsx: Read, write, format Excel 2007 and Excel 97/2000/XP/2003 files. R package version 0.5.7. <https://CRAN.R-project.org/package=xlsx>

DRAGULESCU (DRAGULESCU, A. A.); 2014. xlsxjars: Package required POI jars for the xlsx package. R package version 0.6.1. <https://CRAN.R-project.org/package=xlsxjars>

ELKINTON (ELKINTON, J. S.); LIEBHOLD (LIEBHOLD, A. M.); 1990. Population-dynamics of gypsy-moth in North-America. *Annu. Rev. Entomol.*(35) 571-596.

HOTHORN (HOTHORN, T.), BRETZ (BRETZ, F.); WESTFALL (WESTFALL, P.); 2008. Simultaneous Inference in General Parametric Models. *Biom. J.* 50(3), 346–363.

LEMON (LEMON, J.); 2006. Plotrix: a package in the red light district of R. *R-News*, 6(4): 8-12.

LENTH (LENTH, R. V.) (2016). Least-Squares Means: The R Package lsmeans. *Journal of Statistical Software*, 69(1), 1-33.

MARQUIS (MARQUIS, R. J.); 1984. Leaf Herbivores Decrease Fitness of a Tropical Plant, *Science*. 226(4674):537-9

MARQUIS (MARQUIS, R. J.); 1992. A Bite is a Bite is a Bite? Constraints on Response to Folivory in *Piper Arieianum* (Piperaceae). *Ecology*. 143-152

MCMANUS (MCMANUS, M.); CSOKÁ (CSOKÁ, G.); 2007. History and Impact of Gypsy Moth in North America and Comparison to Recent Outbreaks in Europe. *Acta Silv. Lign. Hung.*, Vol. 3; 47-64

MORENO (MORENO, G.); PULIDO (PULIDO, F.J.); 2009. The functioning, management and persistence of dehesas. In: RIGUEIRO, A.; MOSQUERA, MR; MC ADAMS, J. *Agroforestry in Europe: current status and future prospects*. 127-160 pp. Springer Science. Berlin.

MORROW (MORROW, P.A.); LAMARCHE, (LAMARCHE, V.C.); 1978. Tree Ring Evidence for Chronic Insect Suppression of Productivity in Subalpine Eucalyptus. *Science*. 1244-1246

NIESENBAUM (NIESENBAUM, R. A.); 1996 Linking Herbivory and Pollination: Defoliation and Selective Fruit Abortion in *Lindera Benzoin*. *Ecology*, Vol. 77, No. 8; 2324-2331

OBESO (OBESO J. R.); 1993. Does Defoliation Affect Reproductive Output in Herbaceous Perennials and Woody Plants in Different Ways? *Funct. Ecol*, Vol. 7, No. 2; 150-155

PULIDO (PULIDO, F. J.); 2002. Plant reproductive biology and conservation: the case of temperate and subtropical oak forest regeneration. *REV CHIL HIST NAT*, 75(1), 5-15.

RAUSHER (RAUSHER, M. D.); FEENY (FEENY, P.); 1980. Herbivory, plant-density, and plant reproductive success - the effect of *Battus-philenor* on *Aristolochia-reticulata*. *Ecology*. 905-917

R CORE TEAM (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

URBANEK (URBANEK, S.); 2016. rJava: Low-Level R to Java Interface. R package version 0.9-8. <https://CRAN.R-project.org/package=rJava>

VILA-CABRERA (VILA-CABRERA, A.); MARTINEZ-VILALTA (MARTINEZ-VILALTA, J.); RETANA (RETANA, J.); 2014. Variation in reproduction and growth in declining Scots pine populations. *PPEES*. 111-120

WATSON (WATSON, M. A.); CASPER (CASPER, B. B.); 1984. Morphogenetic constraints on patterns of carbon distribution in plants. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 1984. 15:233-58