HACIA UNA MODELIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BELLOTA EN ENCINARES (*QUERCUS ILEX* *BALLOTA*)

E. Torres Álvarez, R. Alejano Monje y J. Alaejos Gutierrez

Departamento de Ciencias Agroforestales. Universidad de Huelva. Campus de la Rábida. 21819-PALOS DE LA FRONTERA (Huelva-España). Correo electrónico: etorres@uhu.es

Resumen

La producción de bellota en encinares (*Quercus ilex ballota*) supone una importante fuente de alimento para el ganado doméstico y la fauna cinegética. Por otro lado, de la producción de bellotas depende la propia persistencia del encinar, ya sea a través de semillas para repoblación artificial o mediante regeneración natural. La modelización de la producción de bellota puede contribuir a un mejor conocimiento de la misma. En la primera parte de este trabajo se pasa revista a los distintos modelos forestales de simulación que tienen en cuenta la producción de bellotas en diferentes especies de *Quercus*, fundamentalmente de especies americanas. La segunda parte del trabajo se basa en los datos obtenidos en dos parcelas experimentales localizadas en dehesas de encina de la provincia de Huelva, en donde se está cuantificando la producción de bellota mediante varios métodos: trampas o contenedores, muestreo de sectores de copa, rangos y conteo total. A partir de dichos datos experimentales se deduce que un modelo de producción de bellota en encinares debe tener en cuenta los siguientes factores: características de la estación (clima y suelo), estructura del arbolado (dimensiones y competencia), tratamientos selvícolas (podas y laboreos), variabilidad individual (diferencias genéticas entre individuos) y vecería (variabilidad interanual de la producción). Los datos obtenidos durante los tres primeros años de toma de datos ponen de manifiesto la especial importancia de la vecería y la variabilidad individual, por encima del efecto de los tratamientos selvícolas.

Palabras clave: Encina, Bellota, Producción, *Quercus ilex ballota*

INTRODUCCIÓN

Los encinares, y más concretamente las dehesas de encina (*Quercus ilex ballota*), constituyen uno de los principales sistemas forestales mediterráneos de la Península Ibérica. De entre sus múltiples producciones destaca la de sus frutos o bellotas, cuya importancia deriva de las siguientes consideraciones:

- La producción de bellota de los encinares es utilizada directamente como alimento de alta calidad para el ganado, especialmente el por-

cino. La mayor parte de la ganadería con cerdo ibérico se realiza de modo extensivo o semiextensivo en dehesas de encina del cuadrante sudoeste de la península ibérica. Esta circunstancia, convierte a la producción de bellota en un recurso económico de gran importancia.

- De la producción de bellotas depende el proceso de regeneración natural de los de los encinares. Igualmente, la obtención de material forestal de reproducción de encina para ser utilizado en repoblaciones forestales

depende de la producción de bellotas. Por tanto, para asegurar la persistencia del sistema encinar es necesario garantizar la producción de bellota.

- Numerosas especies silvestres, tanto especies protegidas como especies cinegéticas, utilizan la bellota de las encinas como una parte importante de su dieta durante el periodo otoñal e invernal. Por tanto, la producción de bellotas también influye en la vida silvestre del sistema encinar.

Por tanto, un mejor conocimiento de los factores que influyen en la producción de bellota en los encinares, contribuiría un mejor aprovechamiento del recurso, a la par que serviría para asegurar la persistencia de los alcornocales conservando su diversidad. La modelización de la producción de bellota serviría para su predicción en función de los factores que influyen en la misma, modelos basados en procesos, o en función de la estructura de la masa arbórea, modelos empíricos. En este trabajo, se hace una revisión bibliográfica de los diferentes modelos existentes de producción de bellotas en especies del género *Quercus* y, a partir de los datos de producción obtenidos en unas parcelas experimentales en la provincia de Huelva, se hace una serie de consideraciones para la futura elaboración de un modelo de producción de bellotas en encinares, que tenga en cuenta la realización de diferentes tratamientos selvícolas.

ESTADO DE CONOCIMIENTOS

En España, más que modelizaciones de la producción de bellotas en encinares, existen cuantificaciones de la producción en diferentes circunstancias, siendo muy difícil la extrapolación de los resultados. Algunos de estos datos de producción de bellotas pueden encontrarse en VÁZQUEZ (1998).

Uno de los estudios más completos sobre producción de bellotas en especies mediterráneas del género *Quercus* se han realizado en California, durante más de quince años (KOENING et al., 1994; KOENING & KNOOPS, 1995 a, 1995 b). Este estudio se ha basado en el seguimiento de 250 individuos de cinco especies de *Quercus* diferentes, cuantificando su produc-

ción de bellotas mediante un método visual. Se observó el fenómeno de la vecería, es decir, que las cosechas variaban mucho de un año a otro, aunque no existe una correlación clara entre las producciones de bellotas de las distintas especies. También resultaron diferentes las correlaciones entre las variables ambientales y las producciones de bellotas para las distintas especies. La variabilidad individual de la producción es enorme, achacándose el posible origen de esta variabilidad a las diferentes disponibilidades de agua y nutrientes. Se observó que, para una misma especie, las cosechas se sincronizan en áreas bastante grandes, aunque no se conoce con precisión los factores que determinan la extensión geográfica de estas áreas. Para las especies estudiadas, el principal factor limitante de la regeneración natural suele ser la supervivencia de las plántulas y no la falta de bellotas.

Otros trabajos estudian las relaciones entre la abundancia y disponibilidad de polen aéreo y las consiguientes producciones de bellotas. Se parte de la hipótesis de que si desciende la densidad de polen en el aire disminuyen las probabilidades de fecundación y, por tanto, desciende la producción de bellota (KNAPP et al., 2000). Uno de los factores que pueden influir en la disminución de la densidad de polen aéreo es la fragmentación del hábitat de los *Quercus*. La densidad de polen aéreo está empezando a utilizarse en modelos de producción de frutos y semillas por especies arbóreas anemófilas, aunque preferentemente con carácter agrícola (FORNACIARI et al., 2002).

También se han elaborado modelos que tratan de predecir la producción de bellotas en función de variables meteorológicas, en concreto relacionadas con la temperatura, la precipitación y la velocidad del viento (ČEČIČ & SULLIVAN, 1999; MASAKA & SATO, 2002; ABRAHAMSON, 2003). Otro factor estudiado en relación a la producción de bellota es la incidencia de enfermedades, en concreto la incidencia de los ataques del hongo *Phytophthora* sp. (HADJ-CHIKH et al., 2003). En este último trabajo, la producción de bellotas se estimó mediante la recolección de bellotas en trampas o contenedores colocados bajo las copas, y también mediante estimaciones visuales del número. Las estimaciones visuales resultaron superiores a las estimaciones mediante el método

de las trampas, lo que se achaca al consumo de bellotas por aves antes de su caída al suelo.

Los modelos anteriores podrían considerarse basados en procesos ecológicos. Sin embargo, también se han desarrollado algunos modelos empíricos, que tratan de predecir la producción anual de bellotas en función de la estructura de la masa. LANDIS (SULLIVAN, 2001), es un modelo combinado entre un modelo basado en procesos y uno empírico, y realiza predicciones de la producción de bellota en amplias zonas durante largos periodos de tiempo a partir de los datos de estructura y composición de la masa. Este modelo, parte de las relaciones entre diámetro y producción de bellota a lo que añade la variabilidad individual y la variabilidad interanual debido a factores climáticos. Otros modelos utilizan factores de la estación y de la estructura de la masa para predecir la producción de bellota, que ha sido estimada mediante la asignación de un rango de producción a una muestra de árboles (PETER & HARRINGTON, 2002). Las enormes variabilidades individuales e interanuales en la producción de bellotas también han sido destacadas por otros autores (GREENBERG, 2000) y ha servido de fundamento para el desarrollo de un modelo empírico de la producción de bellotas basado en la producción de árboles con mayor fructificación (GREENBERG & PARRESOL, 2000).

MATERIAL Y MÉTODOS

En la provincia de Huelva se dispone de dos parcelas experimentales, situadas en los términos municipales de Calañas y San Bartolomé de la Torre, en dehesas con características ecológicas y selvícolas diferentes. En ambas parcelas se han aplicado cuatro intensidades de poda diferentes sobre un total de cien árboles. Los tratamientos de poda han sido poda fuerte, media, débil y testigo o sin poda. En la parcela de Calañas se ha aplicado un tratamiento adicional consistente en una poda de ramas exteriores, denominada poda de seto. Los tratamientos se han aplicado aleatoriamente en una muestra de árboles de todas las clases diamétricas. La producción de bellota se ha cuantificado siguiendo cuatro métodos diferentes: dos métodos de recolección, conteo total y método de los contenedo-

res o de las trampas, y dos métodos visuales, método de los rangos y método de sectores de copa. Con una periodicidad quincenal durante el periodo de producción de frutos se han recogido las bellotas caídas en cuatro contenedores colocados debajo de las copas de tres árboles de cada tipo de poda. En un árbol de cada tipo de poda se recoge la producción total de bellotas y sirve de contraste de los restantes métodos de muestreo. Adicionalmente se han aplicado dos métodos de aforo de la producción anual de bellota en la totalidad de los árboles de las parcelas.

En este trabajo se presentan los datos tabulados de producción anual de bellotas durante tres años consecutivos en los 15 árboles con contenedores de la parcela de Calañas, tratando de poner de manifiesto la variabilidad existente entre individuos, años y tratamientos de poda. La producción de bellota de cada árbol se expresa en peso metro cuadrado de proyección de copa.

RESULTADOS

Las producciones individuales de los árboles muestreados por el método de los contenedores en la parcela de Calañas durante los periodos de montanera o fructificación de 2001, 2002 y 2003 se presentan en la tabla 1. En dicha tabla los árboles aparecen agrupados según el tratamiento de poda a que fueron sometidos en 2001. Se observa la enorme variabilidad existente entre pies, de modo que los coeficientes de variación de la productividad media individual de los pies son 125,4 %, 83,7 % y 101,3 % respectivamente para los años 2001, 2002 y 2003. A la variabilidad individual se le suma una enorme variabilidad interanual, de modo que la producción media de un año puede duplicar la del año inmediatamente anterior o inferior. Esta variabilidad interanual es mucho más acusada si se consideran los valores de árboles individuales en lugar de valores medios de un conjunto de árboles. Además, las tendencias de variación interanual de la producción también son diferentes de un árbol a otro, aunque hayan estado sometidos a las mismas condiciones climáticas durante los periodos de floración y fructificación. Así un árbol puede tener una tendencia creciente de producción entre dos años, mientras que un

Año	Testigo			Poda débil			Poda media			Poda fuerte			Poda seto		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2001	25,0	0,0	6,3	91,4	612,5	15,6	10,2	369,5	153,1	39,1	12,5	204,7	391,4	88,3	143,0
2002	352,8	21,9	63,3	52,5	748,8	211,9	387,5	393,9	213,9	188,9	232,5	129,8	309,8	110,9	826,9
2003	900,9	64,4	159,8	193,6	138,6	215,7	0,0	208,0	38,5	568,0	214,1	35,7	330,7	254,7	121,3
Promedio	177,2			253,4			197,2			180,6			286,3		

Tabla 1. Producción anual de bellotas en peso por metro cuadrado de proyección de copa (kg/m^2 copa) durante los periodos de montanera de 2001, 2002 y 2003 en quince encinas sometidas a cinco tratamientos de poda diferentes en la parcela experimental de Calañas (Huelva)

árbol vecino puede tener una tendencia decreciente entre esos dos mismos años. Los efectos del tratamiento de poda, inducen una variabilidad mucho menor que la variabilidad individual o la interanual, de modo que realizando análisis de la varianza, no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en la producción de bellota entre los distintos tratamientos de poda.

CONCLUSIONES

A la vista de la información recopilada en la bibliografía y a partir de los datos recopilados en las parcelas experimentales, pueden hacerse los siguientes comentarios acerca de un futuro modelo de producción de bellotas en encinares:

- El modelo más adecuado debería ser un modelo combinado basado en procesos fenológicos y un modelo empírico que refleje la estructura de la masa arbórea.
- La variable dependiente de producción puede expresarse en peso por árbol ($\text{kg}/\text{árbol}$), peso por metro cuadrado de proyección de copa (kg/m^2 Copa) o en peso por metro cuadrado de área basimétrica (kg/m^2 AB). La primera de las unidades no resulta muy útil debido a la alta variabilidad individual. La segunda unidad resulta muy fácil de obtener al ser la estimada directamente por el método de los contenedores o las trampas. La tercera unidad presenta un gran interés dado el carácter integrador que tiene el tronco de un árbol de gran parte de los procesos ecofisiológicos que tienen lugar en el sistema radical o en la copa. La variable de mayor transcendencia y utilidad, que es la producción de bellotas por hectárea de monte y año o temporada de montanera, se

obtendría simplemente multiplicando las anteriores unidades por las variables de densidad de masa, número de pies por hectárea, fracción de cabida cubierta y área basimétrica, respectivamente.

- La alta variabilidad individual en la producción de bellotas obliga a realizar el estudio realizando el seguimiento de la producción en una muestra suficientemente grande y, de este modo, reducir el error en las observaciones. Es necesario profundizar en el estudio genético y ecológico de las dehesas de encina, para poder achacar la variabilidad individual bien a la diversidad genética de las masas o a las diferentes disponibilidades de agua y nutrientes.
- La alta variabilidad interanual o vecería obliga a realizar el estudio realizando el seguimiento de la producción durante un periodo lo más largo posible de tiempo, de al menos una década. También se hace necesario profundizar en los posibles fenómenos de sincronización de las producciones de los árboles, fenómeno no constatado con los datos disponibles.
- Los distintos métodos de estimación de la producción se complementan entre sí, proporcionando el método de los contenedores o trampas una precisión suficiente. Los métodos visuales, más rápidos y sencillos de aplicar, permiten aumentar el tamaño de la muestra requerida, siempre y cuando se contrasten con una submuestra de árboles en los que la producción se estime por métodos de recogida.
- Los tratamientos selvícolas de podas, siempre y cuando no se trate de prácticas abusivas, no parecen tener un peso importante en la variación de la producción de bellota por los encinares.

AGRADECIMIENTOS

La financiación de los proyectos C01-218 de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía y AGL-2002-02-757 del Plan Nacional de I+D del Ministerio de Ciencia y Tecnología ha permitido la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- ABRAHAMSON, W.G. & LAYNE, J.N.; 2003. Long-term patterns on acorn production for five oaks species in xeric Florida uplands. *Ecology* 84(9): 2476-2492.
- CECICH, R.A. & SULLIVAN, N.H.; 1999. Influence of weather at time of pollination on acorn production of *Quercus alba* and *Quercus vellutina*. *Can. J. For. Res.* 29: 1817-1823.
- FORNACIARI, M.; PIERONI, L., ORLANDI, F. & ROMANO, B.; 2002. A new approach to consider the pollen variable in forecasting yield models. *Economic Botany* 56(1): 66-72.
- GREENBERG, C.H.; 2000. Individual variation in acorn production by five species of southern Appalachian oaks. *For. Ecol. Manage.* 132: 199-210.
- GREENBERG, C.H. & PARRESOL, B.R.; 2000. *Acorn Production Characteristics of Southern Appalachian Oaks: A Simple Method to Predict Within-Year Acorn Crop Size*. Southern Research Station. Research Paper SRS-20.
- HADJ-CHIKH, L.; FRANGIOSO, K. & FISCHER, K.; 2003. Measuring the ecological impact of Sudden Oak death: quantifying mast abundance in forests susceptible to *Phytophthora ramorum*. In: *5th Annual Bay Area Conservation Biology Symposium*: 56-60. University of California. Berkeley.
- KNAPP, E.; KEVIN, R. & GOEDDE, M.; 2000. Habitat fragmentation, limits pollen availability and acorn production in blue oak. *Oaks 'n' folks* 15(1): 7-12.
- KOENING, W. & KNOOPS, J.; 1995 a. Production by California Oaks. *Oaks 'n' folks* 10(1): 1-5
- KOENING, W.D. & KNOOPS, J.; 1995 b. Why do oaks produce boom and bust seed crops?. *California Agriculture* 49(5): 7-12.
- KOENING, W.D.; MUMME R.L.; CARMEN W.J. & STANBACK, M.T.; 1994. Acorn production , by oaks in central coastal California: variation within and among years. *Ecology* 75: 99-109.
- MASAKA, K. & SATO, H.; 2002. Acorn production by Kashiwa oak in a costal forest under fluctuating weather conditions. *Can. J. For. Res.* 32: 9-15.
- PETER, D. & HARRINGTON, C.; 2002. Site and tree factors in Oregon white oak acorn production in western Washington and Oregon. *Northwest Science Abstracts* 76(3): 10-14
- SULLIVAN, N.H.; 2001. *An algorithm for a landscape level model of mast production*. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy. University of Missouri-Columbia.
- VÁZQUEZ, F.; 1998. *Semillas de Quercus: Biología, Ecología y manejo*. Consejería de Agricultura y Comercio. Junta de Extremadura. Mérida.