

DESARROLLO DE UN MODELO DE DINÁMICA DE LA REGENERACIÓN DE *Quercus ilex* Y *Quercus cerrroides*

ROBERTO MOLOWNY-HORAS^{1,2}, JAVIER RETANA¹, PILAR CORTÉS¹ Y JOSEP MARIA ESPELTA¹

(1) CREAM, Edificio C, Universidad Autónoma de Barcelona, 08193 Bellaterra (Barcelona)

(2) Autor para correspondencia: roberto@creaf.uab.es

Resumen

Se ha desarrollado un modelo de simulación de la dinámica de regeneración en bosques mediterráneos de *Quercus ilex* y *Quercus cerrroides*. El modelo integra toda la información obtenida acerca de los procesos de producción potencial y real de bellotas, así como de su supervivencia, una vez dispersadas, de su germinación y de la supervivencia de las plántulas. El modelo calcula, de esta manera, la población de plántulas, según su edad, en cada parcela. Los valores de los diferentes procesos descritos se eligen de manera estocástica a partir de un conjunto de datos observacionales y experimentales. Finalmente, el modelo de simulación se ha utilizado para predecir, a corto plazo, la población de plántulas de las dos especies en diferentes parcelas muestreadas.

Palabras clave: modelo de simulación, producción de bellotas, germinación, supervivencia

INTRODUCCIÓN

Hemos desarrollado un modelo de simulación de la dinámica de regeneración de *Quercus ilex* y *Quercus cerrroides* en el que hemos cuantificado la importancia de cada uno de los procesos que participan en el éxito reproductivo de estas dos especies en diferentes parcelas. Este modelo integra datos observacionales y experimentales obtenidos en el estudio de los diferentes mecanismos que afectan a bellotas y plántulas. El objetivo de este estudio es diseñar un modelo numérico para simular poblaciones de plántulas de diferentes edades de las 2 especies mencionadas. Se ha llevado a cabo una validación del modelo utilizando datos de campo de las zonas estudiadas.

FUNCIONAMIENTO DEL MODELO

A partir de las distribuciones de datos experimentales que describen los procesos incluidos en el modelo de simulación se han generado, aleatoriamente y para cada año, a) el número de bellotas producidas y b) las probabilidades o porcentajes para los procesos que limitan esas mismas producciones hasta llegar al estadio de plántula. El modelo se ejecuta durante un número de años determinado. Esto constituye una ejecución completa del modelo, y el paso final consiste en a) el cálculo del número de plántulas por edades y b) el cálculo del número total acumulado de plántulas por parcela, para esa ejecución. Finalmente, para poder simular la distribución de plántulas supervivientes por parcela llevamos a cabo un número suficientemente elevado de ejecuciones completas del modelo y guardamos los resultados para una posterior comparación con datos de campo.

Podemos expresar matemáticamente el primer paso (t_1) de una ejecución del modelo de simulación para una de las especies de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
N^{t_1} &= \sum N_{\text{Pot}} \cdot f_{\text{F}} \cdot (f_{\text{V}} \cdot f_{\text{SB}} \cdot f_{\text{VG}} \cdot f_{\text{SP}} + f_{\text{P}} \cdot f_{\text{SB}} \cdot f_{\text{PG}} \cdot f_{\text{SP}}) = \\
&= \sum N_{\text{Pot}} \cdot f_{\text{F}} \cdot (f_{\text{V}} \cdot f_{\text{VG}} + f_{\text{P}} \cdot f_{\text{PG}}) \cdot f_{\text{SB}} \cdot f_{\text{SP}}
\end{aligned}$$

donde la suma Σ es para todos los ejemplares adultos de esta especie en la parcela, y donde:

- N^{t_1} : número total de plántulas supervivientes;
- N_{Pot} : producción potencial de bellotas;
- f_{F} : porcentaje de bellotas formadas (viables + parasitadas);
- f_{V} : porcentaje de bellotas viables;
- f_{P} : porcentaje de bellotas parasitadas;
- f_{SB} : porcentaje de supervivencia de bellotas;
- f_{VG} : porcentaje de bellotas viables que germinan;
- f_{PG} : porcentaje de bellotas parasitadas que germinan;
- f_{SP} : porcentaje de supervivencia de plántulas.

Un año más tarde (t_2), el número total de plántulas N será igual a:

$$N = N^{t_1} \cdot f_{\text{SP}}^{t_2} + N^{t_2}$$

donde hemos incluido superíndices para distinguir los distintos pasos temporales de la ejecución. Como podemos apreciar, en el segundo año (t_2) el número total de plántulas supervivientes será la suma de las plántulas establecidas ese mismo año más las plántulas germinadas el año anterior, afectadas (otra vez) por un porcentaje de supervivencia.

Cada uno de los términos de primera ecuación varía estocásticamente según distribuciones de valores obtenidas en trabajos de campo (para una descripción más amplia de los datos experimentales utilizados por el modelo, véase CORTÉS 2003). Un ejemplo de algunas de estas distribuciones pueden verse en la Figura 1.

BASES DE DATOS UTILIZADAS

La producción de bellotas, que depende del tamaño del árbol y del año de muestreo, se distribuirá de acuerdo a la clase diamétrica en la cual está incluida cada árbol. Los árboles en cada parcela se clasifican según su tamaño en clases diamétricas definidas por intervalos de 5 cm de ancho. Además, se ha creado una clase diamétrica máxima que incluye todos los árboles cuyo diámetro supera los 25 cm. Finalmente, asumimos que, durante el intervalo de ejecución del modelo, un árbol no aumenta su tamaño de manera significativa, de tal manera que nunca abandona la clase inicial.

Los porcentajes de bellotas abortadas y bellotas formadas observadas en el árbol (incluyendo, en este último caso, las bellotas viables y las parasitadas) se han calculado a partir de datos de campo sin distinguir entre árboles de diferente diámetro. Sin embargo, sí que se han diferenciado distribuciones de porcentajes de bellotas pertenecientes a años diferentes.

Los porcentajes de supervivencia de plántulas se obtienen, de manera aleatoria, a partir de las distribuciones empíricas de supervivencia en el campo. Asumimos, además, que esos porcentajes se aplican por igual a bellotas viables e infestadas. Sin embargo, los porcentajes de germinación sí se calculan por separado para bellotas viables o parasitadas.

Los datos de mortalidad de plántulas utilizados en este trabajo corresponden a un estudio realizado por GRACIA *et al.* (2001) en bosques del macizo del Montseny, en Cataluña. Se trata de una zona de clima mediterráneo, aunque con temperaturas más extremas que las de la zona de Collserola, en donde hemos llevado a cabo nuestro estudio.

En la Figura 2 podemos ver un ejemplo real del cálculo del número de plántulas supervivientes para un árbol perteneciente a la clase diamétrica [5, 10) cm. Los diferentes procesos que intervienen en la regeneración limitan la producción potencial inicial de bellotas de una manera estocástica, tal y como se ha señalado anteriormente, a partir de las distribuciones observadas.

VALIDACIÓN DEL MODELO

Para verificar la capacidad del modelo de reproducir, de manera satisfactoria, resultados reales obtenidos en parcelas de campo, se midieron plántulas de encinas y robles en subparcelas de 1 m². Los datos fueron recogidos en el campo durante el año 2004, 1 año después de la última campaña de recogida de datos de producción de bellotas.

A partir de los resultados proporcionados por las simulaciones realizadas para cada parcela se han calculado los percentiles de las distribuciones de plántulas supervivientes y se han comparado con el número de plántulas medidas en las parcelas experimentales. La Figura 3 muestra los resultados para las 17 parcelas de *Q. ilex* y las 15 de *Q. cerrroides* que se utilizaron en el estudio. En todas las parcelas los valores observados de plántulas de ambas especies se sitúan dentro del intervalo comprendido entre los percentiles 5% y 95%. En el caso de *Q. cerrroides*, además, el número de plántulas de 6 parcelas se encuentra claramente dentro del intervalo comprendido entre el 25% y el 75%. A la vista de estos resultados, por tanto, podemos concluir que el modelo ha sido capaz de simular satisfactoriamente los datos de población de plántulas observados experimentalmente.

Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado parcialmente por el Proyecto Interreg IIIA (I3A-100-1-E).

BIBLIOGRAFÍA

CORTÉS, P.; 2003. Tesis Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona.

GRACIA, M.; RETANA, J. & PICÓ, F.X.; 2001. Seedling bank dynamics in managed holm oak (*Quercus ilex*) forests. Ann. For. Sci. 58: 843-852.

Figura 1. Distribuciones de valores obtenidos para algunos de los procesos tenidos en cuenta en el modelo de simulación. En las figuras a), b) y c), el color gris oscuro se refiere a datos de *Q. ilex* y la trama clara, a *Q. cerrroides*. a) ejemplo de producción potencial de bellotas en el año 2002, para todas las parcelas; b) probabilidades de depredación pre-dispersión de bellotas; c) probabilidades de germinación de bellotas viables; d) probabilidad de supervivencia de plántulas de las 2 especies.

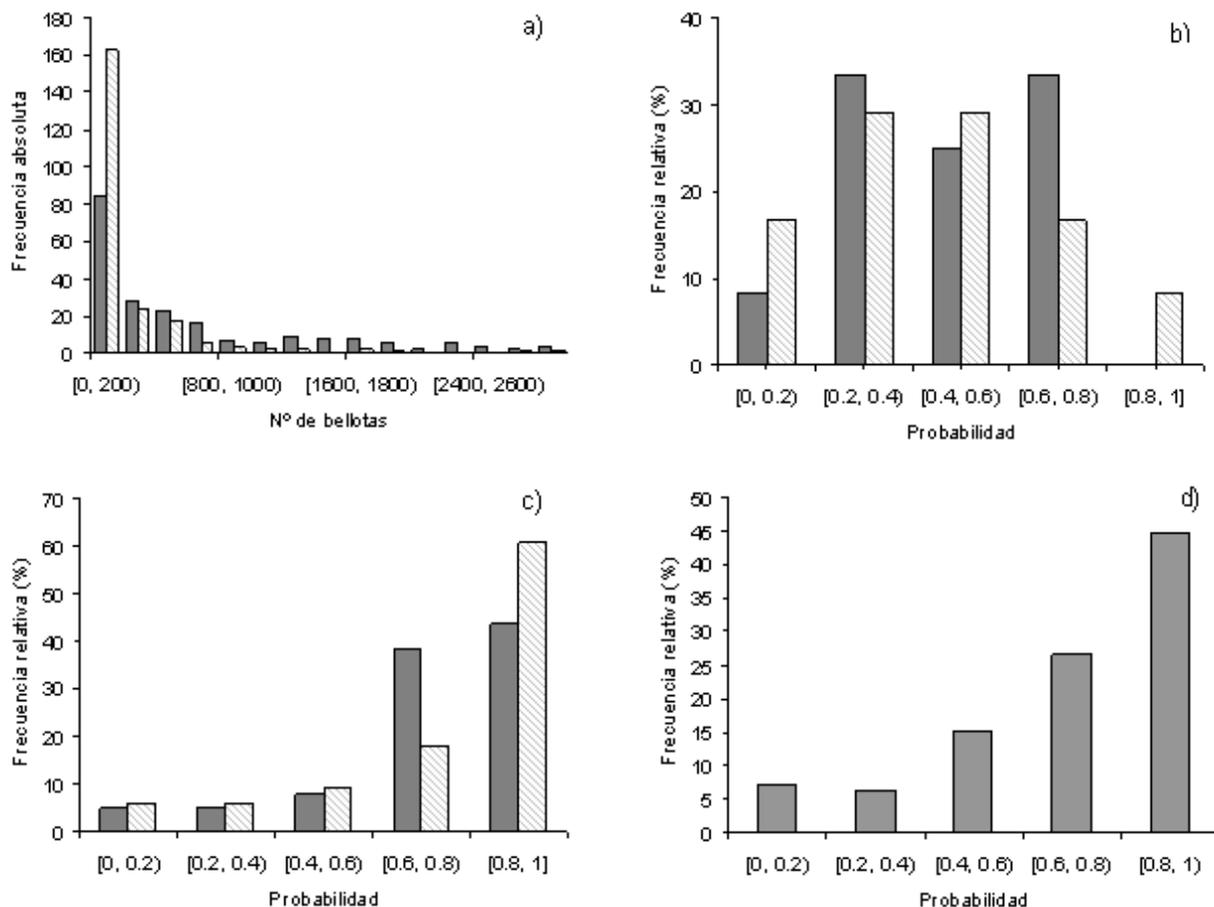


Figura 2. Ejemplo de la ejecución del modelo de simulación en el caso de un árbol perteneciente a la clase diamétrica [5, 10) cm y para plántulas provenientes de bellotas viables. El modelo selecciona un valor al azar a partir de las distribuciones que describen los procesos que afectan la regeneración de la especie. En el ejemplo de la figura, a partir de 196 bellotas potenciales iniciales, el número final redondeado de plántulas supervivientes es 6.

$$N_{\text{POT}} * f_F * f_V * f_{\text{SB}} * f_{\text{VG}} * f_{\text{SP}}$$

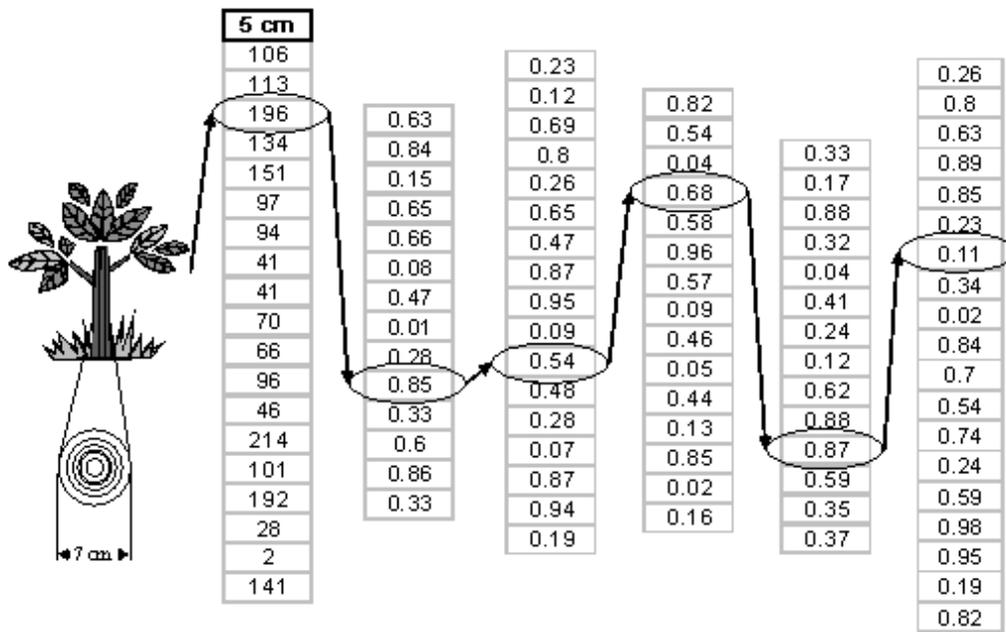


Figura 3. Percentiles de las distribuciones de plántulas supervivientes (líneas horizontales) calculadas por el modelo, y valores observados de plántulas por parcela (puntos), para a) *Q. ilex* y b) *Q. cerrioides*. Se han dibujado los percentiles 2.5% y 97.5% (líneas discontinuas inferior y superior, respectivamente), 5% y 95% (líneas punteadas inferior y superior, respectivamente), 25% y 75% (líneas mixtas inferior y superior, respectivamente) y 50% o mediana (línea continua central). Los números que acompañan a cada uno de los puntos identifican las parcelas utilizadas.

