



APLICACIÓ DE TÈCNiques AVANÇADES DE SIMULACIÓ I OPTIMITZACIÓ COM A RESPOSTA ALS REPTES I NECESSITATS DE LA PLANIFICACIÓ FORESTAL MEDITERRÀNIA

Malgrat la reconeguda multifuncionalitat dels boscos mediterranis per proporcionar múltiples i valuosos béns i serveis a la societat, la planificació forestal a la regió mediterrània s'ha basat, tradicionalment i de manera preponderant, en la producció de fusta. En el context mediterrani actual però, la producció de fusta difícilment és l'objectiu final de la gestió forestal d'un bosc. La producció de productes no fusters (bolets, pinyes, aglans, etc.), la minimització del risc d'incendis, el disseny de paisatges adaptats a determinades espècies animals, l'embelliment del paisatge o la millora de la qualitat i quantitat dels recursos hídrics són, sovint, els objectius més importants.

La multifuncionalitat dels boscos mediterranis requereix una planificació forestal numèrica multiobjectiu. En aquest tipus de planificació, els plans forestals s'avaluen utilitzant mètodes de decisió multicriteri i algorismes d'optimització que incorporen diversos factors de manera simultània. La utilització de l'optimització heurística en l'àmbit de la planificació forestal s'ha popularitzat paral·lelament a la rellevància de la vessant ecològica de la gestió forestal, que s'hi incorpora mitjançant descriptors de paisatge específics. Aquests problemes espacials complexos es resolen fàcilment utilitzant tècniques heurístiques com a algorismes genètics, *simulated annealing* o *tabu search*. Aquestes tècniques d'optimització busquen l'aproximació a la solució òptima amb un cost computacional raonable. Els

beneficis que aporta l'heurística en aquest context deriven de la possibilitat de resoldre problemes de planificació més realistes i menys rígids que els que es poden plantejar amb l'aplicació de programació matemàtica.

Un altre aspecte clau és la generació de plans alternatius. Aquesta tasca requereix la disponibilitat de models de creixement avançats que permetin simular diferents programes de gestió per a cada secció de la massa boscosa. Concretament, per una predicció acurada, són necessaris models de creixement dissenyats específicament per contextos típicament mediterranis (amb diversitat d'edats i boscos mixtes). En aquest marc, els models de creixement d'arbres individuals proporcionen les prediccions més detallades i poden generar simulacions per a boscos

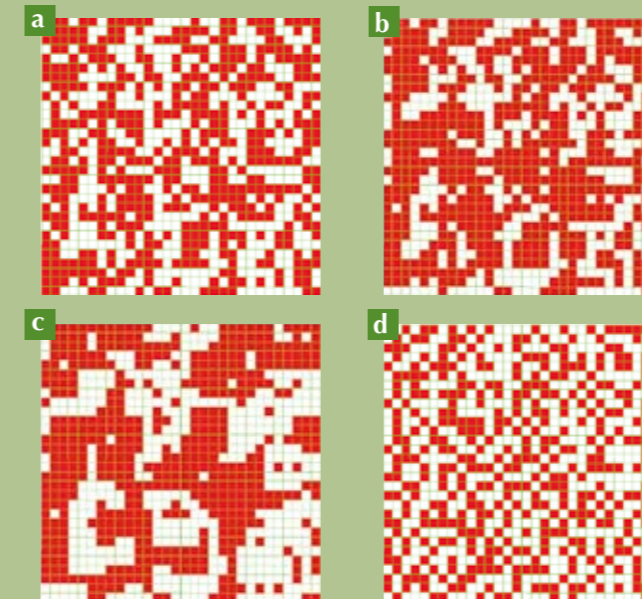


Figura 2. Efecte de la consideració de tres objectius ecològics espacials diferents (b, c i d) a la distribució espacial de l'hàbitat del gall fer al final d'un període de planificació de 60 anys d'un paisatge forestal típic del nord de Catalunya. a) Sense la consideració dels objectius ecològics espacials, b) límit hàbitat - hàbitat, c) autocorrelació espacial, i d) hàbitat - no-hàbitat. La cel·les vermelles indiquen zones aptes com hàbitat del gall fer.

purs i d'edat homogènia i per a boscos mixtes amb diversitat d'edats en un ampli rang de règims de gestió.

Finalment, per a la implementació dels models de simulació avançada i tècniques d'optimització multiobjectiu, es requereix de la seva programació, integració i utilització en sistemes informàtics de suport a la decisió (DSS). Aquests sistemes presenten una utilitat afegida a la seva funció de solucionar problemes complexos, que consisteix en la capacitat de proporcionar elements rellevants per a la comprensió, estructuració i anàlisi efectiva de les diferents opcions i implicacions d'una gestió alternativa pels ecosistemes forestals.

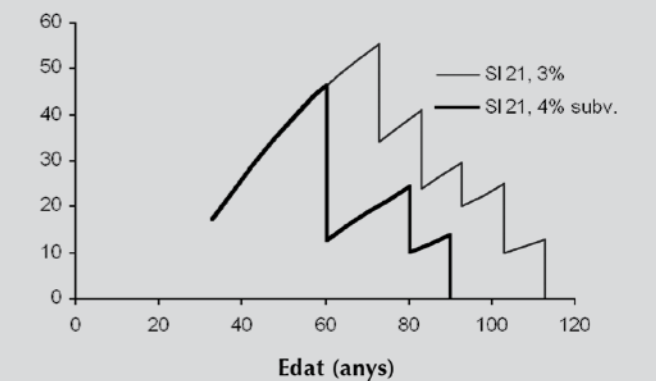
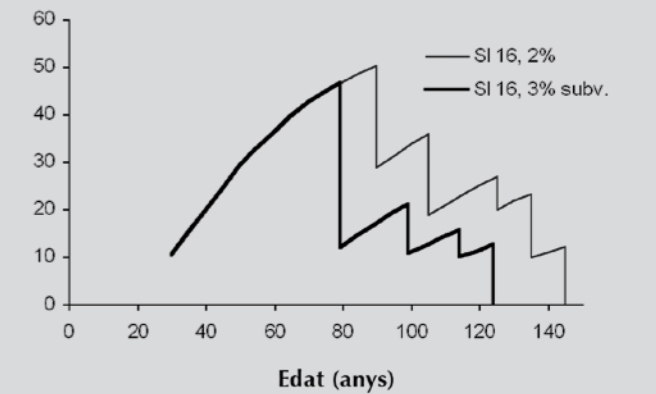
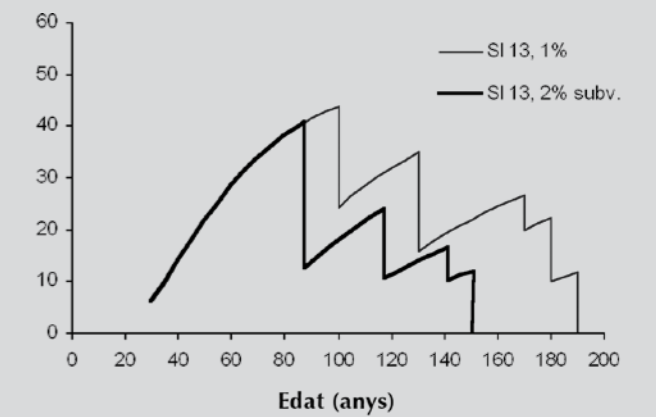


Figura 3. Gestió òptima d'una massa boscosa simulada utilitzant models de creixement d'arbres individuals per *Pinus sylvestris* a Catalunya. Simulacions per rodals amb qualitats diferents (13, 16 i 21 m). En negreta, la gestió programada amb una taxa de descompte on només és rendible gestionar el bosc amb el suport de les subvencions.

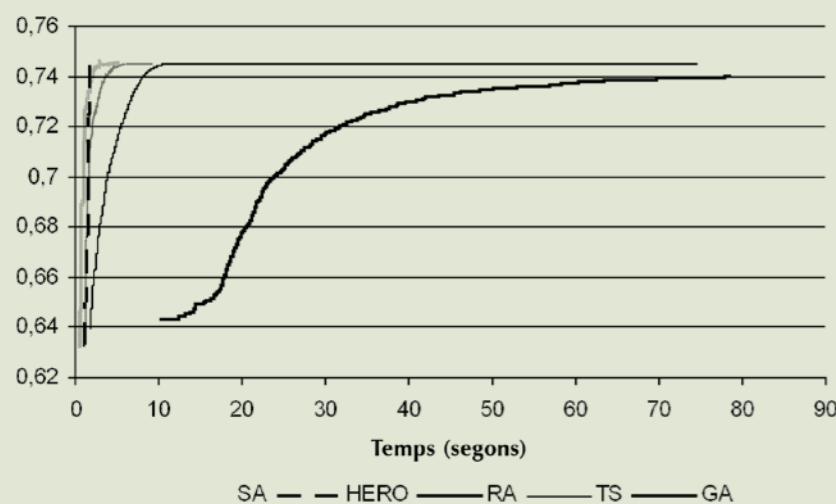


Figura 1. Valors mitjans de 10 optimitzacions d'una funció objectiu de planificació forestal que maximitza la producció de fusta i la sostenibilitat de l'hàbitat del gall fer per mitjà d'una configuració del paisatge adequada. Les optimitzacions s'han dut a terme utilitzant cinc tècniques d'optimització heurística diferents: simulated annealing, Hero, Random ascent, Tabu search i algorismes genètics.

PRODUCTES

Palahí M, Pukkala T, Miina J and Montero G (2003). Individual-tree growth and mortality models for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in north-east Spain. *Annals of Forest Science*, 60: 1-10.

Palahí M, Pukkala T, Pascual L and Trasobares A (2004). Examining alternative landscape metrics in ecological forest landscape planning: a case for capercaillie in Catalonia. *Investigaciones Agrarias: Sist. Recur. For.* 13(3): 527-538.

Palahí M, Pukkala T and Trasobares A (2007). The use of tree level vs. stand level data in forest planning calculations – does it really matter? *Annals of Forest Science* 64: 1-9.

CONTACTE

Marc Palahí: marc.palahi@ctfc.cat
marc.palahi@efi.int