



8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a
los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**



8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales

Cataluña | Catalunya - 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022

ISBN 978-84-941695-6-4

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Organiza



Un marteloscopio en monte alcornocal: aprendizaje y participación ciudadana en la selvicultura mediterránea

ABELLANAS OAR, B.¹, GUADA GONZÁLEZ, L.², BALDERO ECHARREN, F.¹, CUADROS TAVIRA, S.¹, URBANO FUENTES-GUERRA, E.¹

¹ Departamento de Ingeniería Forestal. Universidad de Córdoba.

² INNOFOR, Ingeniería e Innovación Forestal.

Resumen

Los marteloscopios, parcelas forestales de gran tamaño exhaustivamente monitorizadas y ligadas a herramientas informáticas de simulación soportadas por tablets o móviles, son herramientas muy útiles para el aprendizaje y para incorporar diferentes perspectivas en la gestión forestal. La mayoría están basados en una selvicultura tradicional con aprovechamiento principal de madera. Se presenta aquí un primer ejemplo de marteloscopio en monte alcornocal, donde el aprovechamiento principal es el corcho. La disociación de la corta y el aprovechamiento obliga aquí a replantear la simulación de una forma novedosa, incorporando no sólo las cortas (claras) sino también el aprovechamiento del corcho, como actuaciones a simular. Ambas actuaciones afectan a las características dasométricas, epidométricas y ecológicas del rodal, pero también a los aprovechamientos futuros de corcho. El ejemplo que se presenta, establecido en la Sierra de Córdoba, utiliza un modelo de simulación del crecimiento afectado por la competencia y la intensidad de descorche, además de incorporar la valoración de la biodiversidad mediante los microhabitats arbóreos. La selección de los árboles a cortar y de la altura de descorche afectará al crecimiento diametral y, así, a la superficie de descorche futura, además de modificar la biodiversidad según los microhabitats presentes en los árboles cortados.

Palabras clave

Simulación selvícola, señalamientos, simulación descorche, participación social, microhabitats.

1. Introducción

La toma de decisiones de gran parte de las actuaciones selvícolas conducentes a la gestión y el aprovechamiento de los montes debe hacerse sobre el terreno. La incorporación efectiva de la multifuncionalidad a la gestión forestal no requiere sólo de planteamientos teóricos basados en el conocimiento de la dinámica forestal y los servicios ecosistémicos a obtener. Ni siquiera de su traducción en una adecuada planificación de la selvicultura en el espacio y en el tiempo a través de la redacción de Proyectos de Ordenación o Planes Especiales. La aplicación última se realiza sobre el terreno, cuando se ejecutan las prescripciones a escala de rodal o incluso de árbol individual. Esta traducción de las prescripciones a la ejecución sobre el terreno, que en muchos casos consiste en decidir el futuro (o presente) de los árboles individuales (señalamiento) requiere una experiencia añadida que difícilmente puede ser adquirida fuera de la práctica efectiva de la selvicultura en el monte. Esta experiencia puede adquirirse con muchos años de práctica, pero el método de prueba y error es poco efectivo en una gestión que debe ser a muy largo plazo, tanto que la adquisición de la

experiencia necesaria para una buena gestión sobre el terreno suele ir acompañada en muchos casos del fin de la vida laboral del experto. Para solventar este inconveniente se han ideado elementos de entrenamiento en campo (Marteloscopios) que, mediante el uso de simuladores, permitan estimar los resultados de las decisiones selvícolas en monte en tiempo real, y de esta forma, evaluar diversas opciones sin necesidad de ejecutar las actuaciones y esperar durante años sus efectos (SOUZY et al. 2016; SCHUCK et al. 2015b)

La simulación efectuada en los marteloscopios permite, además, incorporar de forma integradora objetivos diversos en la gestión forestal que, como el fomento de la biodiversidad, se abordan muy frecuentemente desde la segregación (montes a conservar vs. montes productores), lo que ha conducido en muchos casos a disfunciones socioeconómicas en el territorio. Abordar el tratamiento integrado de la producción y la conservación de la biodiversidad (KRAUS & KRUMM, 2013) de forma efectiva requiere la participación de diversos actores sociales en la toma de decisiones selvícolas que muy rara vez se incorpora en las prescripciones selvícolas (POMMERENING et al, 2018; SOUCY et al, 2016). Es necesario para ello disponer de herramientas que permitan traducir los requerimientos sociales a las prescripciones de gestión de forma realista, proporcionando a los diversos actores una vía de diálogo con el gestor basada en las propias actuaciones sobre el terreno (COSYNS et al. 2019, SCHUCK et al. 2015^a) Para esto los Marteloscopios resultan también una herramienta enormemente efectiva.

Con estos fines se ha puesto en marcha en toda Europa una red de marteloscopios (<https://integrenetwork.org>), que permiten abordar el aprendizaje y entrenamiento en la aplicación práctica de la selvicultura y sus efectos, así como la incorporación de requerimientos diversos, especialmente la producción y la conservación de la biodiversidad, en la ejecución de la selvicultura sobre el terreno. Y ello haciendo posible incorporar las demandas de actores no especializados en la gestión forestal, facilitándoles la aproximación a la ejecución última de la selvicultura sobre el terreno, lo que contribuirá también a aumentar su implicación y el entendimiento de la selvicultura a grupos sociales diversos.

Los marteloscopios consisten, básicamente, en parcelas de una cierta extensión (habitualmente 1 ha en proyección horizontal) replanteadas sobre una masa forestal representativa de un determinado sistema forestal, en las que se realiza un inventario exhaustivo de todos los árboles existentes, incluyendo la georreferenciación de estos (mapa de árboles) y su valor, tanto económico como ecológico. A cada parcela acompaña un simulador, generalmente en la forma de libro de Excel o aplicación para Tablet o Smartphone que incorpora todos los datos de la parcela y un conjunto de algoritmos que permiten recoger la asignación de funciones a cada árbol (señalamiento) realizada por el usuario y obtener inmediatamente los resultados en términos del valor económico y ecológico de las diversas fracciones de árboles señalados (árboles a cortar, árboles de porvenir, masa residual acompañante), con salidas tanto numéricas como gráficas. Esta simulación del proceso y sus resultados en tiempo real permite ir valorando los efectos inmediatos de cada decisión de señalamiento en el resultado final y obtener así un análisis de sensibilidad de las actuaciones simuladas sobre la marcha.

En la inmensa mayoría de los marteloscopios existentes el valor económico de los árboles está ligado a la madera, por lo que se hace efectivo con la corta. De esta forma, la obtención del producto

directo del árbol se contrapone al mantenimiento del valor ecológico que aporta su presencia en la masa en función de sus microhábitats (KRAUS et al., 2016), y la decisión de cortarlo o mantenerlo está sometida a esta dicotomía. Sin embargo, en el ámbito mediterráneo, algunos productos del árbol, como el corcho, no se obtienen con la corta del árbol, por lo que el valor económico y ecológico del mismo no se presentan de forma disjunta, si bien suele haber una cierta correlación negativa entre el valor ecológico de un alcornoque (evaluado a través de los microhábitats que alberga) y su valor económico en términos de producción y calidad del corcho, ya que muchos de los microhábitats están ligados en mayor o menor grado a la presencia de defectos del corcho o su crecimiento. En todo caso, la definición de los algoritmos que permitan simular los resultados de las actuaciones forestales sobre estos sistemas se presenta más compleja, pues el tratamiento selvícola (señalamiento de árboles con diferentes funciones, incluidos aquellos a cortar) y el aprovechamiento del producto están disociados y, sin embargo, ambos son interdependientes, por lo que su simulación requiere nuevos planteamientos.

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es diseñar, establecer y validar el funcionamiento de un Marteloscopio en monte alcornocal que permita simular las intervenciones ligadas a la gestión de la masa, tanto los tratamientos selvícolas de mejora o transformación de la masa (claras) como las labores de aprovechamiento del producto principal: el corcho, y estimar los efectos de ambas intervenciones en la masa forestal tanto en términos económicos como ecológicos y estructurales de forma realista y acorde con los conocimientos empíricos.

3. Metodología

3.1. Selección del lugar de establecimiento

El Marteloscopio se ha instalado en la finca “Pino Gordo”, ubicada en la Sierra de Córdoba (T.M. Córdoba) en zona de monte alcornocal (X: 339.701,85; Y: 4.199.800 ETRS89). La superficie proyectada del monte es de 71 ha. Su rango altitudinal está entre 406 y 578 m.s.n.m. y presenta una topografía ondulada con una pendiente media del 30%. El clima es mediterráneo genuino (subtipo IV2 en la clasificación fitoclimática de ALLUÉ), con gran oscilación térmica entre estaciones (media de las temperaturas máximas 31,2°C en verano y media de las mínimas 6,6°C en invierno). La precipitación media anual es de 620 mm. Los suelos son de naturaleza silícea formados sobre pizarras, esquistos y cuarcitas. En la figura 1 se puede ver su localización.

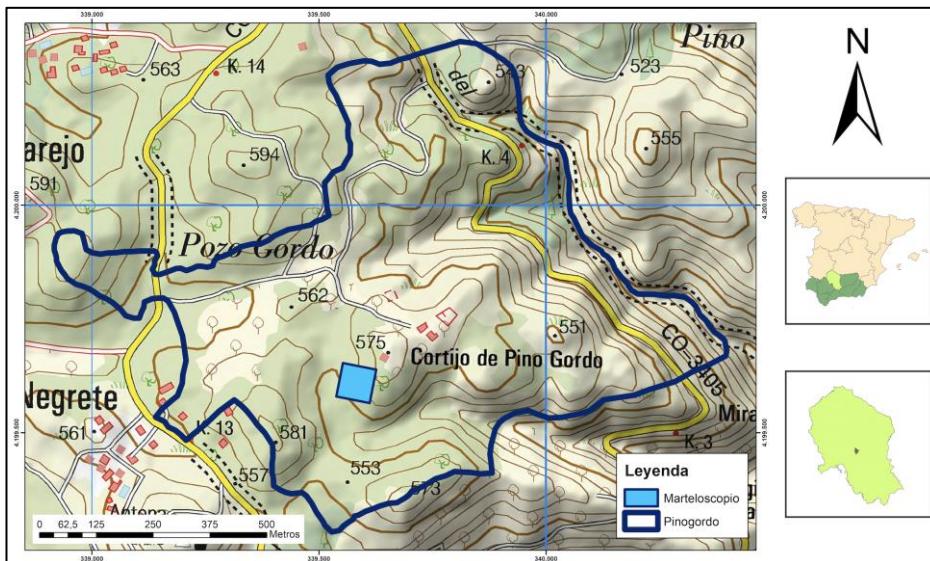


Figura 1 Ubicación del Marteloscopio de Pino Gordo (Córdoba).

3.2. Replanteo y medición de la parcela:

La parcela tiene forma rectangular y una superficie de 0,6 ha en proyección horizontal. Esta parcela se ha monitorizado de forma exhaustiva mediante la realización de un mapa de árboles y la inventariación detallada de los mismos mediante la utilización del dispositivo *Field-Map*, con registro de: número de identificación, coordenadas, polígono de proyección de copa, especie, medidas dendrométricas: altura total, H y altura de fuste, H_f , en metros; Circunferencia normal, CSC, en cm, medida a 1,3 y, en el caso de los alcornoques, otras dos medidas a 0,3 y 2 m de altura; espesor de corteza, EC, en mm tomadas a las mismas alturas que las CSC; superficie de proyección de la copa, SC, en m^2 , y, en el caso de alcornoques, medidas ligadas a la producción corchera como: altura de descorche, HD, y sus variaciones en las últimas pelas, superficie de descorche, SD, etc. También se ha hecho un reconocimiento exhaustivo de la presencia de microhábitats arbóreos (*TreMs*) relevantes para albergar biodiversidad en cada uno de los árboles de la parcela, de acuerdo al catálogo propuesto por KRAUS et al. (2016). Estos registros han conformado la base de datos con la que se ha construido el modelo de simulación y su implementación en una herramienta Excel.

La simulación pretendida requiere que los usuarios puedan identificar fácilmente cada uno de los árboles en la parcela, por lo que ha sido necesario marcar los mismos con un código numérico que resultara visible a distancia. Esto se ha realizado con pintura ecológica específica para el marcado de árboles y la utilización de plantillas numéricas.



Figura 2. Mapa de árboles y proyección de las copas de los árboles, obtenido con el dispositivo Field Map (izqda.) y aspecto de la parcela durante su levantamiento (dcha.)

3.3. Modelo de simulación y diseño de la herramienta informática:

Se ha desarrollado una herramienta informática de uso sencillo que permite simular actuaciones selvícolas (claras) y de aprovechamiento de corcho por los usuarios, así como los resultados de las mismas, tanto en términos económicos (producción de corcho) como en términos ecológicos, estimados estos últimos a través de la determinación del valor ecológico del sistema basado en la biodiversidad del mismo que se estima en función de los microhábitats arbóreos (*TreMs*). La ejecución incorpora no sólo los resultados inmediatos de la actuación simulada sino también una simulación realista de los efectos de las actuaciones ejecutadas sobre las características futuras de la masa, habida cuenta que tanto el aprovechamiento del corcho como las medidas selvícolas que se planteen (fundamentalmente claras) tendrán efectos tanto sobre los futuros aprovechamientos como sobre la dinámica y estructura de la masa forestal.

Como medidas relacionadas con el descorche se trabaja con las siguientes, de acuerdo con la norma habitual:

- Superficie de descorche (SD) del árbol, calculada según la norma como el producto entre la Circunferencia normal bajo corcho (CBC) y la altura de descorche (HD). No se contempla el descorche de ramas, que actualmente tiende a abandonarse por las desventajas que presenta, tanto en rendimientos y calidad del corcho como en el crecimiento y vigor de los árboles. En todo caso, en la parcela no hay ningún alcornoque descorchado en ramas y el simulador no contempla esta opción.
- Intensidad de descorche (ID) del árbol, calculada como el cociente entre la superficie de descorche (SD) y la sección normal del árbol (a 1,30 m) bajo corcho, *gbc*.

Para el cálculo del valor ecológico de cada árbol se asigna un valor de referencia a cada tipo de *TreMs*, que se hace depender de su rareza en masas forestales de las especies presentes (factor de 1 a 5) y del tiempo que tarda habitualmente en generarse (factor de 1 a 5) (KRAUS et al., 2013,2016). Finalmente el valor ecológico del árbol se computa como la suma de los valores de sus *TreMs*, ponderada por el tamaño del árbol (g), que se considera un factor amplificador de su valor ecológico.

La herramienta informática (en base Excel) consta de una serie de hojas interconectadas:

- una *hoja de operación*, que utiliza el usuario para realizar la simulación, donde figuran todos los árboles de la parcela numerados, en la que se pueden seleccionar los árboles a cortar y la altura de descorche a aplicar.

- Dos *hojas de análisis y datos*, que incorporan los datos obtenidos en el inventario de los árboles y las funciones que permiten realizar los cálculos requeridos. Estas hojas registran las intervenciones que el usuario realiza en la hoja de operación.

-Una *hoja de resultados* donde se obtienen las salidas gráficas y numéricas de la simulación en tiempo real (modificándose cada vez que el usuario interviene sobre un árbol)

-Una *hoja de resultados a los 9 años*, con la misma estructura que la anterior, pero tras una simulación del crecimiento de la masa residual tras un nuevo turno de descorche y una simulación automática de descorche igual a la ejecutada en la simulación actual.

Los resultados consisten en una caracterización de la parcela, tanto en términos dasométricos como ecológicos y productivos, que inicialmente representa a la condición de partida, pero que se va modificando con las intervenciones simuladas por el usuario. Produce salidas gráficas: funciones de densidad y mapas de árboles con indicación espacial de distintas variables dendrométricas, ecológicas y productivas de los árboles de la parcela, y numéricas: variables dasométricas, ecológicas y productivas de la masa. También se ha configurado una salida correspondiente a la simulación de la evolución de la parcela a los 9 años (turno de descorche estimado) tras los tratamientos ensayados en la actualidad. Para ello, se utiliza el modelo de crecimiento que se describe a continuación (RIBEIRO & SUROV'Y, 2011) aplicado a todos los árboles de la parcela (si no se simula clara) o sólo a los árboles remanentes si se simula una clara en el momento actual. En esta proyección a 9 años se obtienen los valores ligados a la producción de corcho mediante una simulación de descorche (no intervenida por el usuario) con las mismas alturas de descorche simuladas en la ejecución actual.

Para la simulación a futuro, se ha utilizado una modificación del modelo de crecimiento CORKFITS (RIBEIRO & SUROV'Y, 2011) que permite simular el crecimiento en grosor (de la sección normal) de los árboles (*Incg*) [1] en función de su tamaño inicial (sección normal bajo corcho, *gbc*), que determina el crecimiento potencial del árbol (*IncgPot*) [2] y de un *modificador* (reductor) del crecimiento [3] que se hace depender del grado de competencia al que esté sometido y de la intensidad de descorche que se le haya aplicado, *ID*. Tanto la competencia como el descorche provocan una reducción de la capacidad de crecimiento en grosor del árbol.

$$Incg = IncgPot * \text{modificador} \quad [1]$$

donde:

$$Incgpot = f(gbc) \quad [2]$$

es el crecimiento potencial en sección normal (*gbc*) de un árbol que no presente competencia de otros árboles ni haya sido descorchado y depende, dentro de la parcela, exclusivamente del tamaño inicial del árbol.

$$\text{modificador} = f(HD2, ID) \quad [3]$$

es el modificador (reductor) del crecimiento del árbol debido a la competencia de los vecinos (Indice de competencia de Hegyi, $HD2$) [4] y a la Intensidad de descorche sufrida por el árbol (ID).

El índice de competencia espacial de Hegyi (DANIELS, 1976) tiene la siguiente forma:

$$HD2 = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{d_i} * \frac{1}{dist_{ij}} \quad [4]$$

Donde i es el árbol objetivo, j es uno de los n competidores del árbol i , d es el diámetro normal (bajo corcho), y $dist_{ij}$ es la distancia entre el árbol i y el árbol j (el número de árboles competidores, n , se fija según la regla D2 $dist_{ij} < 0.33 * d_j$)

El crecimiento del árbol se verá tanto más reducido respecto a su crecimiento potencial, cuanto mayor sea la competencia ejercida por los vecinos ($HD2$) (que se puede disminuir a través de la simulación de claras) y cuanto mayor sea la intensidad del descorche al que se someta al árbol (ID), que también se puede variar en la simulación, dentro de las restricciones especificadas, modificando la altura de descorche.

Mediante este simulador del crecimiento, las actuaciones realizadas, además de afectar al número de árboles (en el caso de la clara), y a la cantidad de corcho extraído en la simulación del descorche actual, afectan también al crecimiento de los árboles, que se simula para los siguientes nueve años, de forma que la ejecución de claras permitirá mejorar el crecimiento diametral y, en consecuencia, la posible superficie de descorche del árbol (a igualdad de altura de descorche) y la intensidad del descorche aplicado también afectará (en positivo o negativo, según se haya aplicado una intensidad menor o mayor) al crecimiento en sección de los árboles, que a su vez se traducirá en una variación en la producción individual y del conjunto de los árboles de la parcela.

Esta simulación a futuro permite obtener las mismas salidas que los resultados inmediatos, pero incorporando las variaciones simuladas y el crecimiento de los árboles remanentes de acuerdo con las mismas.

Hay que advertir aquí que el modelo de crecimiento empleado no está ajustado en términos absolutos a las condiciones de crecimiento de *Pino Gordo*, pues no se trata de obtener un modelo de crecimiento para estimar la producción real del monte sino una herramienta de simulación, suficientemente realista, que permita poner visiblemente de manifiesto los efectos de las actuaciones sobre las características resultantes de la masa, tanto en términos selvícolas como ecológicos y productivos. Con este fin se ha permitido que los crecimientos simulados, en valor absoluto, sean bastante elevados, si se comparan con los valores de la literatura, con el fin de ayudar a amplificar la visualización de los efectos que se pretenden poner de manifiesto a través de la simulación.

4. Resultados

4.1. El marteloscopio: La parcela

El marteloscopio de Pino Gordo tiene una forma cuadrada, con una superficie, en proyección horizontal de 5625 m². Contiene un total de 174 árboles (309,3 pies/ha) y un área basimétrica total de 6,41 m² (11,4 m²/ha). Las especies presentes son *Q.suber*, *Q. ilex* subsp. *ballota*, *Q. faginea* y *Pinus pinea*, con un claro predominio del alcornoque, con un 92% de los pies. Hay 118 alcornoques en producción (210 pies/ha), 42 bornizos (75 pies/ha) y 14 pies de otras especies (25 pies/ha). La altura media del arbolado es de 7,7 m; la altura de fuste media es de 2,9 m; en los alcornoques descorchados la altura media de descorche es de 1,9 m, la intensidad media de descorche es de 33,3 y la superficie media de descorche es de 1,48 m²/árbol (BALDERO ECHARREN, 2018).

4.2. La herramienta de simulación: características y funcionamiento

La herramienta diseñada permite tomar decisiones para simular las siguientes actuaciones:

a) Respecto al aprovechamiento de corcho, las decisiones de gestión básicas a tomar y que pueden simularse son: la determinación del tamaño mínimo de los árboles para iniciar el descorche (desbornizamiento) y la altura de descorche a aplicar a cada árbol. Ambas variables pueden simularse en el sistema con las siguientes restricciones:

- La Circunferencia sobre corcho (CSC) mínima para el desbornizamiento está limitada a un valor mínimo de 65 cm, que es lo que marca la normativa actual. Pero el gestor (usuario) puede decidir aumentar dicho valor mínimo. Es una restricción genérica para todos los árboles de la parcela.

- La altura de descorche está limitada a la altura de fuste del árbol pues no se contempla el descorche de ramas. Como la parcela se encuentra ya en producción, gran parte de los árboles ya han sido descorchados. El gestor puede decidir aumentar o disminuir la altura de descorche aplicada con anterioridad, (la base de datos del simulador contiene la altura previa de descorche de cada árbol). Es una restricción aplicable a cada árbol, ya que depende de su propia altura de fuste.

b) Respecto a la gestión selvícola de la masa, la decisión a tomar, y que puede simularse, es la realización de claras, seleccionando los árboles a cortar. Los criterios que se pueden aplicar pueden basarse en diferentes objetivos como la calidad del corcho, el valor ecológico de los árboles o la introducción de nuevos usos como la producción de setas o el pastoreo. Se contempla también la posibilidad de marcar árboles de porvenir.

Las simulaciones de claras y aprovechamientos se pueden hacer conjuntamente o por separado. Los resultados constan de dos partes:

a) el resultado actual

- De la simulación de una clara se obtiene como resultado la variación de la masa resultante en características dasométricas, ecológicas y productivas.

- De la simulación del aprovechamiento de corcho se obtiene como resultado: la producción de corcho obtenida y su variación respecto al último descorche realizado. La producción se obtiene en superficie de descorche, y en peso, aplicándose el valor medio de la densidad superficial del corcho,

PCM2, del monte (LÓPEZ FERNÁNDEZ, 2006; REINA ALEJANDRE, 2013) y pudiendo obtenerse el valor económico aplicando los precios medios del corcho por unidad de peso que indique el mercado, distinguiendo entre corcho de reproducción y bornizo. La variación de la intensidad de descorche es también un resultado de interés que se obtiene, tanto para el total de la masa como por clases diamétricas e incluso por árbol individual.

Si se simulan ambas actuaciones simultáneamente, se considera que el aprovechamiento es previo a la clara, por lo que la producción de corcho se obtiene del conjunto de la masa inicial, aun cuando el sistema permite diferenciar la parte obtenida de la masa residual y aquella obtenida de la masa cortada.

b) la influencia de las actuaciones sobre la producción y estado de la masa al cabo de 9 años

En la figura 3 se presenta el esquema de los resultados que se obtienen según la simulación realizada y en las figuras 4 y 5 una muestra de las salidas tras la simulación de clara y descorche.

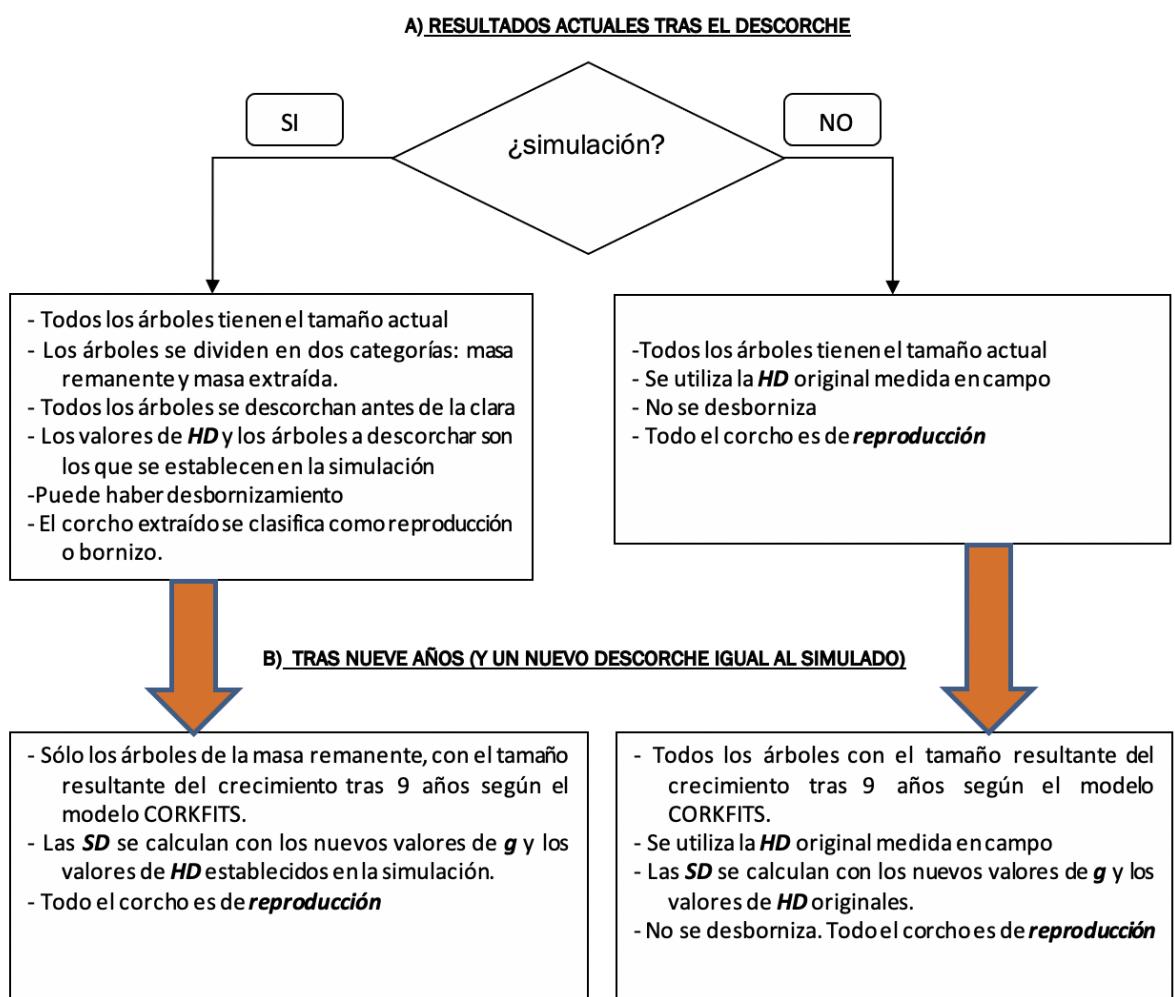


Figura 3. Esquema de los resultados que se obtienen en la herramienta Excel según la simulación realizada en el momento actual y a los 9 años. HD: altura de descorche. SD: Superficie de descorche- g: sección normal de los árboles.

MarteloPinoGordo.v4.5 - Excel

Fernando Balder Echarren Compartir

Archivo Inicio Insertar Dibujar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista ¿Qué desea hacer?

A1 B C D E G H I J K L M N O P

	A	B	C	D	E	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1															
2		Descorche		Clara											
3	Árbol Nº	HD	InchD		Corta	Arbol Porvenir									
4	1	3,00	-3												
5	2	3,10	-3,1												
6	3	1,36	-1,36												
7	4	3,05	-3,05												
8	5	3,30	-3,3												
9	6	1,50	-1,6												
10	7	2,54	-2,64												
11	8	1,59	-1												
12	9	1,53	-1	1											
13	10	1,57	-1	1											
14	11	1,10	-1	1											
15	12	0,91		1											
16	13	2,05	-1	1											
17	14	2,26	-1												
18	15	0,00	1	1											
19	16	0,00	1	1											
20	17	2,89	-1	1											
21	18	1,91		1											
22	19	2,03		1											
23	20	2,53		1											
24	21	2,10		1											
25	22	2,74													
26	23	2,64													
27	24	0,00	1												
28	25	2,43													
29	26														
30	27	3,05													
31	28	1,46													
32	29	2,78													
33	30														

Simulación Árboles Resultados Mapas Resultados tras 9 años Mapas tras 9 años Frecuencias ... + : <

MARTELOSCOPIO DE PINO GORDO

Fernando Balder Echarren

Pon tu nombre en la celda gris de arriba

a) SIMULACIÓN DE CLARA: Marca con un 1 en la columna adecuada los árboles que elijas para cortar o aquellos que elijas como árboles de porvenir

b) SIMULACIÓN DE DESCORCHE: Indica la variación propuesta en la altura de descorte de cada árbol sobre la altura de descorte actual (HD) en las celdas verdes (en metros). La variación puede ser tanto positiva como negativa. Si no quieres modificar la altura de descorte de un árbol deja la celda en blanco.

La altura de descorte está limitada por la altura de fuste. No se permite el descorte en ramas

0,5625 Área de la parcela

5 Amplitud de las clases diamétricas (cm)

0 Límite inferior de la primera clase diamétrica (cm)

174 Número total de árboles de la parcela

0 Árboles excluidos

65 Circunferencia mínima para el descorte de los bornizos (cm)

Los datos se tomaron entre los meses de Enero y Mayo de 2018

Figura 4. Hoja de operación de la herramienta de simulación del Marteloscopio de Pino gordo (BALDERO ECHARREN, 2018)

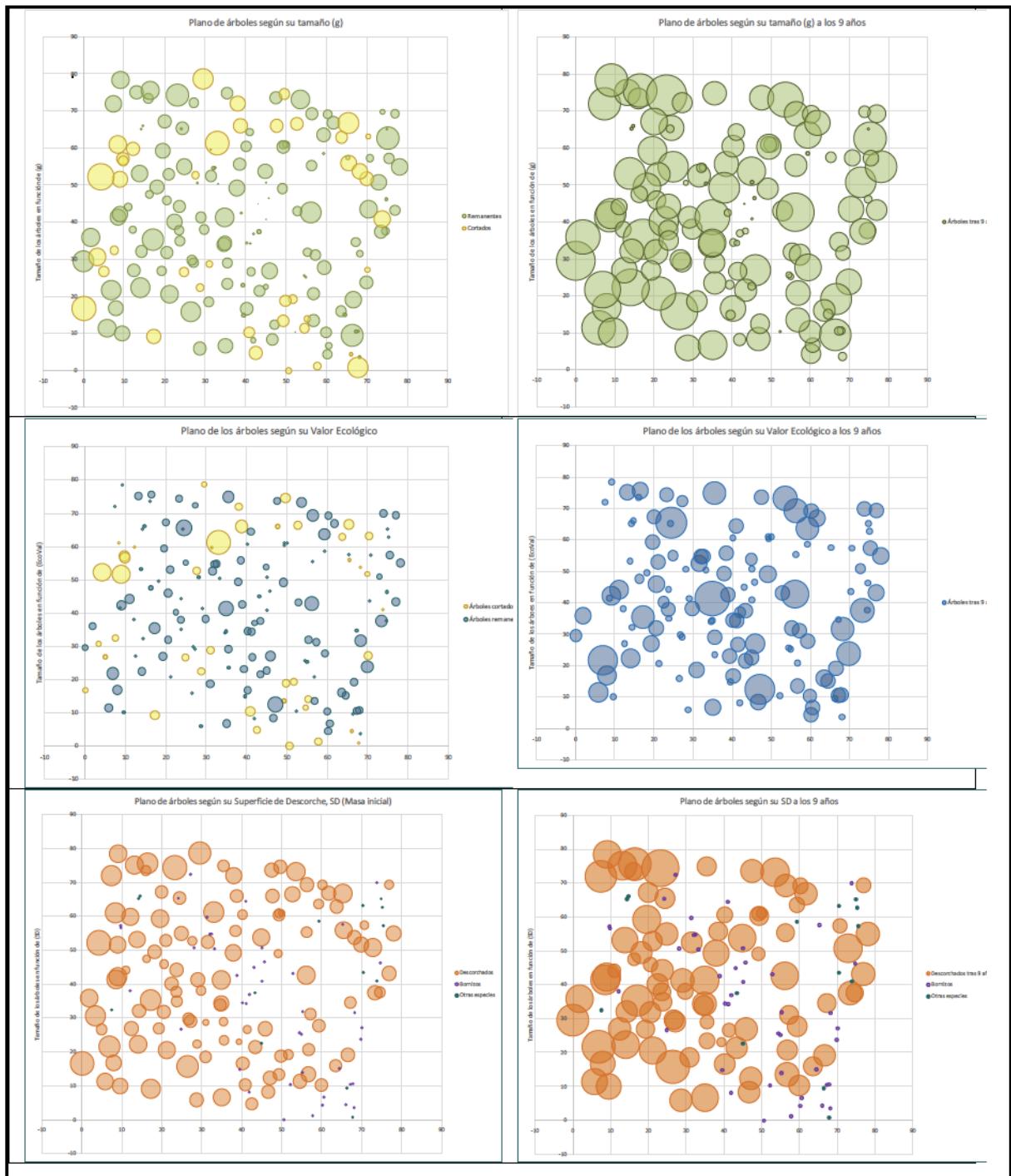


Figura 5. Mapas de árboles obtenidos tras la simulación de clara y descorche. El tamaño de los círculos es proporcional al tamaño de los árboles (g) en la primera fila, a su valor ecológico en la segunda y a su superficie de descorche en la tercera. La columna izquierda es el resultado actual tras la simulación y la columna derecha tras 9 años. Los árboles en color amarillo son los cortados en la clara.

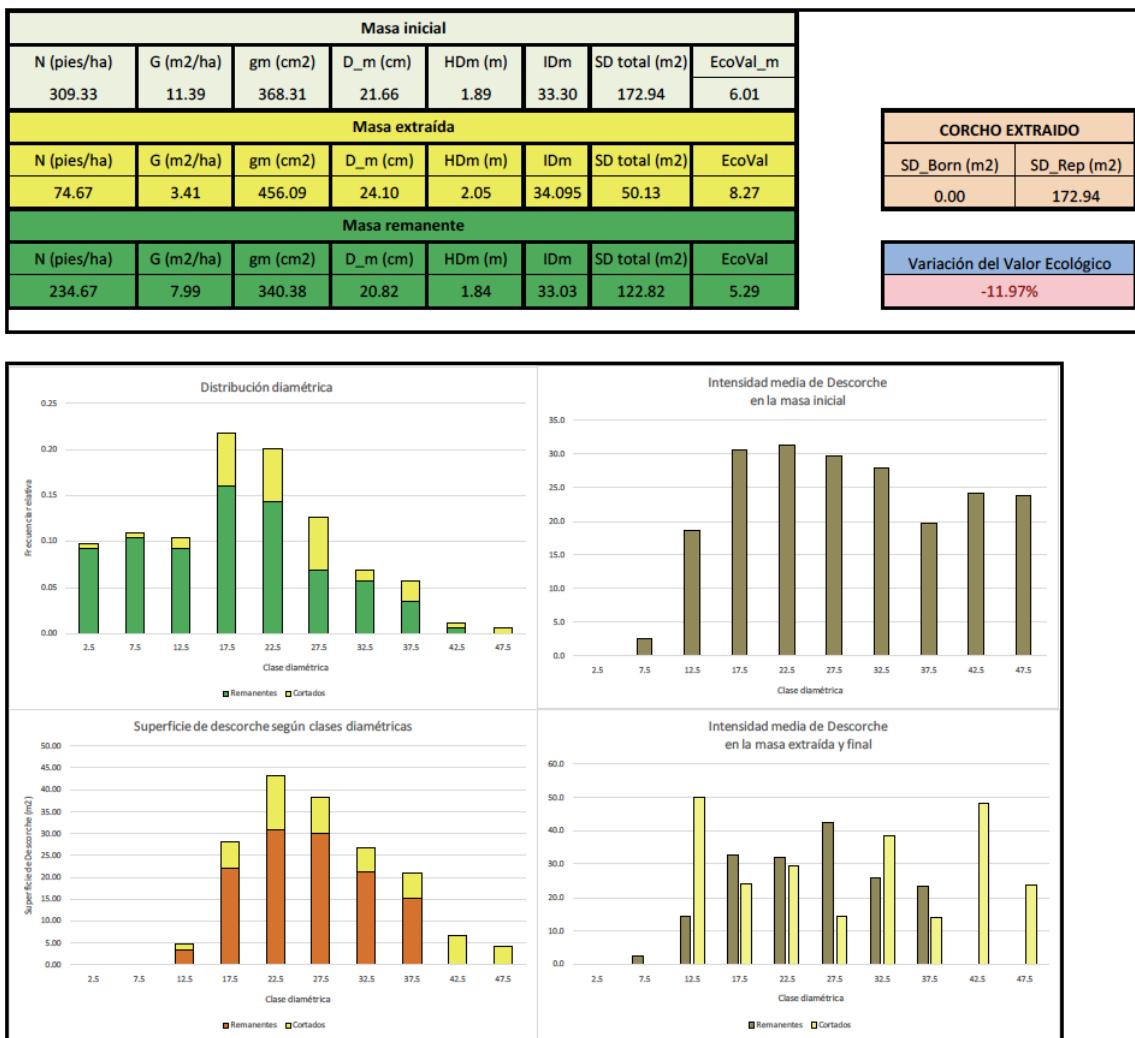


Figura 6. Resultados obtenidos tras la simulación de clara y descorche. En amarillo se representa la masa extraída en la clara.

4.2. La evaluación y validación de la herramienta de simulación:

Para evaluar el correcto funcionamiento de la herramienta diseñada se realizaron 4 simulaciones con criterios diferentes y se compararon los resultados obtenidos con el fin de evaluar el correcto funcionamiento del sistema (BALDERO ECHARREN, 2018). Los tratamientos simulados fueron los siguientes:

O_Refencia: Sin clara y con descorche estándar (igual al realizado en la última pella)

A_Clara_EcoVal: Simulación de clara primando el valor ecológico. Descorche estándar

B_Clara: Simulación de clara primando el espaciamiento de los árboles y la calidad de corcho futuro. Descorche estándar.

C_Dextr: Simulación de descorche máximo permitido en todos los árboles. Sin clara.

D_Dextr_Clara: Simulación de descorche máximo permitido en todos los árboles y clara estándar.

En la tabla 1 se presentan los principales resultados numéricos de las simulaciones ensayadas.

Tabla 1. Resultados numéricos de las simulaciones ensayadas, en el momento actual y tras nueve años. *En este caso el descorche simulado a los 9 años se ha simulado igual al descorche estándar y no al simulado. (Fuente: BALDERO, 2018)

	Variables dasométricas									
	Tras la simulación inicial				Tras la simulación a los 9 años					
	Densidad (pies/ha)	Área basimétrica (m ² /ha)	Sección normal (cm ²)	Diámetro medio (cm)	Densidad (pies/ha)	Área basimétrica (m ² /ha)	Sección normal (cm ²)	Diámetro medio (cm)		
Situación de referencia	309,33	11,39	368,31	21,66	309,33	18,9 (+65,94%)	664,45 (+80,40%)	29,09 (+34,30%)		
A - Clara_Ecoval	247,11	8,07	326,51	20,39	247,11	14,11 (+74,85%)	615,43 (+88,49%)	27,99 (+37,27%)		
B - Clara	234,67	7,32	311,82	19,93	234,67	12,77 (+74,45%)	593,73 (+90,41%)	27,49 (+37,93%)		
C - Dextr	309,33	11,39	368,31	21,66	309,33	18,56 (+62,95%)	652,56 (+77,18%)	28,82 (+33,05%)		
D - Dextr_clara	234,67	7,32	311,82	19,93	234,67	12,6 (+72,13%)	585,54 (+87,78%)	27,3 (+36,98%)		
Variables productivas										
	Tras la simulación inicial				Tras la simulación a los 9 años					
	Altura de descorche media (m)	Intensidad de descorche media	Superficie de descorche (m ²)	Cantidad de corcho (kg)	Valor económico €)	Altura de descorche media (m)	Intensidad de descorche media	Superficie de descorche (m ²)	Cantidad de corcho (kg)	Valor económico €)
Situación de referencia	1,89	33,33	172,94	2.111,64	3.969,88	1,89	24,31 (-27,06%)	231,55 (+33,89%)	2.827,2 (+33,89%)	5.315,14 (+33,89%)
A - Clara_Ecoval	1,89	33,33	172,94	2.111,64	3.969,88	1,89	23,83 (-28,650%)	165,38 (-4,37%)	2.019,31 (-4,37%)	3.796,3 (-4,37%)
B - Clara	1,89	33,33	172,94	2.111,64	3.969,88	1,89	24,26 (-27,21%)	153,7 (-11,12%)	1.876,62 (-11,12%)	3.528,05 (-11,12%)
C - Dextr	2,89	52,6	274,14	3.347,25	6.292,83	1,89	24,57 (-53,29%)	229,62	2.806,33	5.270,88
D - Dextr_clara	2,89	52,6	274,14	3.347,25	6.292,83	1,89	24,44 (-53,53%)	152,77	1.865,33	3.06,33
Variables ecológicas										
	Tras la simulación inicial				Tras la simulación a los 9 años					
	Valor ecológico medio				Valor ecológico medio					
Situación de referencia	6,01				6,21 (+3,33%)					
A - Clara_Ecoval	6,98				7,22 (+3,44%)					
B - Clara	5,44				5,56 (+2,21%)					
C - Dextr	6,01				6,21 (+3,33%)					
D - Dextr_clara	5,47				5,59 (+2,19%)					

5. Conclusiones

La evaluación realizada de la herramienta diseñada ha permitido constatar el correcto funcionamiento de esta, con variaciones de las variables dendrométricas, dasométricas, productivas y ecológicas estimadas coherentes con las actuaciones simuladas.

A través de las simulaciones realizadas se ha constatado que los crecimientos de los alcornoques han aumentado cuando se ha disminuido la espesura de la masa y han disminuido cuando se ha aumentado la intensidad de descorche.

Los crecimientos obtenidos en ambas simulaciones de clara, tanto aquella que tiene en cuenta como criterio la mejora del valor ecológico de la masa como la que no, son bastante similares, por lo que es posible incluir como criterio de gestión forestal la mejora del valor ecológico del alcornocal sin perder capacidad productiva de corcho. No obstante, el peso que tiene el tamaño de los árboles en el valor ecológico puede ser revisado, con el fin de proporcionar una mayor sensibilidad a la variación de la presencia y tipo de microhabitats.

Las diferencias de crecimiento en las dos simulaciones de clara se han visto mitigadas por el propio diseño de estas. El criterio de distribuir la intervención de forma homogénea por toda la

parcela ha provocado que las diferencias no sean muy acusadas. Este criterio se introdujo de forma espúrea y convendría revisar otros diseños espaciales de las claras

Para las labores de entrenamiento del selvicultor en prácticas sería preferible prescindir del criterio de distribución espacial homogéneo, con el fin de amplificar los efectos de los diferentes criterios empleados en la definición de los tratamientos, o bien incluir criterios de índole espacial en las simulaciones.

En los casos en los que se han simulado claras, la producción de corcho tras 9 años resulta menor que en la situación inicial. El aumento del crecimiento producido por la disminución de la espesura, aún habiendo sido magnificado en el modelo, no compensa la pérdida de alcornoques productores en un solo turno de descorche, pero permite observar el aumento de la capacidad de producción de los árboles remanentes. Además no se ha contemplado en estos ensayos la posibilidad de aumentar la altura de descorche (HD) sin incidir en la Intensidad de descorche (ID) gracias al aumento de grosor de los árboles, lo que permitiría simular mayores producciones con la misma presión de pela.

6. Agradecimientos

A la Universidad de Córdoba por haber financiado el proyecto mediante un Proyecto de Innovación Docente a través del Plan de Innovación y Buenas Prácticas Docentes del curso 2017/2018 (ABELLANAS et al. 2020).

A la empresa PADEPAMA S.L. por ceder la finca Pino Gordo para la instalación y posterior utilización docente del marteloscopio en monte alcornocal.

A la empresa INNOFOR por el apoyo técnico prestado en la utilización del equipo *Field-Map*.

7. Bibliografía

ABELLANAS OAR, B.; BALDERO ECHARREN, F.; GUADA GONZÁLEZ, L.; CUADROS TAVIRA, S.; PÉREZ MORENO, P.J.; SELLEZ RUIZ, A.; URBANO FUENTES-GUERRA, E. 2020. Diseño de un marteloscopio para la simulación de gestión selvícola de alcornocal en condiciones reales. Revista de Innovación y Buenas Prácticas Docentes, 9(1), 1-12. Universidad de Córdoba.

BALDERO ECHARREN, F. 2018. Diseño y establecimiento de un marteloscopio en monte alcornocal para el entrenamiento y demostración de actividades selvícolas y de aprovechamiento forestal en el monte Pino Gordo (T.M. Córdoba). Trabajo Fin de Grado. Universidad de Córdoba.

COSYNS, H.; KRAUS, D.; KRUMM, F.; SCHULZ, T.; PYTTEL, P. 2019. Reconciling the Tradeoff between Economic and Ecological Objectives in Habitat-Tree Selection: A Comparison between Students, Foresters, and Forestry Trainers. *For. Sci.* 65(2): 223-234
<https://doi.org/10.1093/forsci/fxy042>

DANIELS, R.F. 1976. Simple competition indices and their correlation with annual Loblolly Pine tree growth. *Forest Sci.* 22, 454-456.

KRAUS, D. ; KRUMM,F. (eds.) 2013. *Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity*. European Forest Institute. 284 pp.

KRAUS, D.; BÜTLER, R.; KRUMM, F.; LACHAT, T.; LARRIEU, L.; MERGNER, U.; PAILLET, Y.; RYDKVIST, T.; SCHUCK, A.; WINTER, S. 2016. Catalogue of tree microhabitats – Reference field list. *Integrate+ Technical Paper*. 16P. European Forest Institute

LÓPEZ FERNÁNDEZ, I. 2006. Plan Técnico de Ordenación de la finca Pino Gordo situada en Sierra Morena, T.M. de Córdoba)

POMMERENING, A.; PALLARÉS RAMOS,C.; KĘDZIORA,W.; HAUFE,J. ; STOYAN,D. 2018. Rating experiments in forestry: How much agreement is there in tree marking? PLoS ONE 13(3): e0194747. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194747>

REINA ALEJANDRE, 2013. Estudio del descorche por el sistema tradicional en el monte Pino Gordo (Córdoba). Trabajo Fin de Carrera. ETSIAM. Universidad de Córdoba

RIBEIRO, N.A. ; SUROVÝ, P. 2011. Growth Modeling in Complex Forest Systems: CORKFITS a Tree Spatial Growth Model for Cork Oak Woodlands. *Formath* Vol. 10: 263–278

SCHUCK, A. KRAUS, D.; KRUMM, F.; SCHMITT, H. 2015 a. *Integrate+ Marteloscopes* calibrating silvicultural decision making *Integrate+ Technical Paper* No 1, 12 p. European Forest Institute

SCHUCK, A.; KRUMM, F.; KRAUS, D. 2015 b. *Integrate+ Marteloscopes* - Description of parameters and assessment procedures. *Integrate+ Technical Paper* No. 18, 16 p. European Forest Institute

SOUCY, M.; GUY ADÉGBIDI,H.; SPINELLI,R.; BÉLAND,M. 2016. Increasing the effectiveness of knowledge transfer activities and training of the forestry workforce with marteloscopes. *The Forestry Chronicle*, 92(4): 418-427