

DISEÑO, INSTALACIÓN Y APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA MARTELOSCOPIO PARA EL ENTRENAMIENTO PRÁCTICO Y LA INCORPORACIÓN EFECTIVA DE VALORES ECONÓMICOS, ECOLÓGICOS Y SOCIOLÓGICOS A LOS TRATAMIENTOS SELVÍCOLAS EN MONTE

MARTELOSCOPE DESIGN, INSTALLATION AND APPLICATION FOR PRACTICAL TRAINING AND ACTUAL INCORPORATION OF ECONOMIC, ECOLOGICAL AND SOCIOLOGICAL VALUES TO SILVICULTURAL TREATMENTS IN FOREST STANDS

**Begoña Abellanas Oar*⁽¹⁾. Simón Cuadros Tavira⁽¹⁾.
Pedro J. Pérez Moreno. Álvaro Sellez Ruiz**

*Corresponding Author: ir1aboab@uco.es

⁽¹⁾Coordinadores Proyecto Innovación Docente 2016-1-5012

Grupo Docente 135. Dpto. Ingeniería Forestal. ETSIAM. UCO

Received: dd/mm/yyyy

Accepted:dd/mm/yyyy

Abstract

A Marteloscope is a didactic tool for silvicultural training (virtual tree selection exercises). The availability of stand data on mobile devices (tablets) in combination with an appropriate software allows direct feedback on silvicultural decisions and resulting economic and ecological effects. Through this Teaching Innovation Project, we have designed, implemented and made preliminary tests of a Marteloscope in *Sierra de Cazorla* (Jaén). As a result, we have set up a permanent plot of 1 ha in the forest, where all trees have been geolocated, measured, marked and valued for microhabitats. We have developed the corresponding software for pc or tablets to simulate in real time the effects of silvicultural exercises, producing instantaneous outputs showing the effects of simulated thinnings on spatial distribution of trees and economic and ecological value of remaining and removed trees. We have preliminary tested the marteloscope in a UCO extension course on Forestry Practice, april 2017.

Keywords:Marteloscope. Sierra de Cazorla. Silviculture. Educational training.

Resumen

Un Marteloscopio es una herramienta didáctica para el entrenamiento selvícola (ejercicios virtuales de selección de árboles). La disponibilidad de los datos del rodal forestal en un dispositivo móvil (tablet) en combinación con un software adecuado permite obtener una retroalimentación directa entre las decisiones selvícolas ensayadas y sus efectos en términos económicos y ecológicos. A través de este Proyecto de Innovación Docente hemos diseñado, implementado y realizado pruebas preliminares de un Marteloscopio en la *Sierra de Cazorla* (Jaén). Como resultado, hemos establecido una parcela permanente de 1 ha en el bosque en la cual se han geolocalizado, medido, marcado y evaluado su valor en microhábitats de todos los árboles existentes en la misma. Hemos desarrollado el correspondiente software para pc o tablet para simular en tiempo real los efectos de los ejercicios selvícolas en monte,

produciendo salidas instantáneas de los efectos de las claras simuladas sobre la distribución espacial de los árboles y el valor económico y ecológico, tanto de los árboles extraídos como de los que quedan en pie. Hemos realizado un ensayo preliminar del Marteloscopio en un Curso Propio de la UCO denominado "Praxis en el Medio Forestal" que ha tenido lugar en el mes de abril de 2017.

Palabras clave: Marteloscopio. Sierra de Cazorla. Selvicultura. Prácticas formativas.

1. INTRODUCCIÓN

En la enseñanza de las competencias del Ingeniero Forestal y del Ingeniero de Montes resulta bastante difícil trasladar los conceptos teóricos a la práctica debido a la lejanía del campo de actuación: el monte. A esto se añade la dificultad de realizar un entrenamiento activo realista en la ejecución de los tratamientos selvícolas que, en la mayoría de los casos, implican consecuencias no reversibles a largo plazo en los campos de pruebas. Las masas forestales se prestan mal al aprendizaje mediante prueba y error pues se requiere actuar sobre superficies suficientemente grandes y los resultados de las intervenciones pueden condicionar durante mucho tiempo la evolución de las zonas forestales empleadas como bancos de prueba. Por ello en este terreno la simulación de las actuaciones cobra especial interés.

Existen multitud de herramientas informáticas para simular actuaciones selvícolas, muchas de ellas de gran interés y que ya se vienen utilizando en nuestras titulaciones forestales. Pero éstas carecen de un elemento esencial en la formación de un forestal que es el contacto con el bosque real. El entrenamiento en el diseño teórico de las intervenciones selvícolas y sus efectos a largo plazo puede muy bien simularse mediante estas herramientas. Pero el traslado de la toma de decisiones a la realidad física del monte donde finalmente deben ejecutarse los tratamientos requiere entrenar también la percepción "in situ" de las variables que se manejan de forma virtual en los simuladores informáticos.

Por otra parte, las actuales políticas forestales en todo el mundo tienden, cada vez más, a incorporar aspectos de diversa índole a la gestión forestal que requieren un análisis más pormenorizado de las características de la masa forestal y su tratamiento: la incorporación efectiva a la gestión forestal de la conservación de la biodiversidad, el paisaje o el ocio, junto con la protección de las masas forestales de sus riesgos como los incendios o la falta de regeneración, todo ello en paralelo con la obtención de productos forestales, requiere un entrenamiento abierto que permita simular diferentes fórmulas de gestión y sus posibles efectos en cada uno de estos aspectos. La simulación permite estimar el coste de cada uno de estos planteamientos, tanto en términos económicos como ecológicos cuando se priorizan unas u otras de estas funciones en la gestión. Esto requiere ampliar el grado de multidisciplinariedad de la toma de decisiones, mediante la incorporación de fórmulas de evaluación de los efectos de la gestión desde distintas ópticas: la económica, la ecológica, la florística, la faunística o la sociológica, entre otras.

Para abordar este enfoque en la enseñanza y aprendizaje forestal, se está desarrollando recientemente en Europa una metodología novedosa apoyada en una red de parcelas permanentes de aprendizaje y demostración de la actividad selvícola en monte denominadas *Marteloscopios*. Existe una colaboración previa de algunos miembros del Grupo Docente que ha desarrollado este proyecto con un grupo de investigación del European Forest Institute for Central Europe (EFICIENT) de Friburgo que están liderando la implantación de una red de *Marteloscopios* en Europa, a la cual se va a incorporar la que se ha establecido a partir de este Proyecto de Innovación Docente.

El término *Marteloscopio* ha derivado del original francés *Martelage*, con el que los franceses se refieren al señalamiento de los árboles sobre el terreno para la determinación de su futuro selvícola (árbol de futuro a promover, árbol competidor a eliminar, etc.), y se refiere a la actividad selvícola de seleccionar con detalle los árboles sobre el terreno y el posible papel de cada uno de ellos en la dinámica de la masa forestal, actual y futura, en relación con los objetivos concretos de gestión que se persigan en cada caso.

Se trata de establecer una parcela rectangular de grandes dimensiones, replanteada en una zona de bosque que resulte suficientemente representativa del tipo de masa forestal existente en la zona. Esta parcela debe ser previamente monitorizada con detalle, lo que implica el levantamiento georreferenciado de todos los elementos de la misma, especialmente los árboles que incorpora. Los árboles son el elemento principal, ya que serán los principales objetos de la simulación selvícola, por lo que deben ser caracterizados con detalle, tanto en su localización espacial como en sus características de diversa índole: dimensionales (tamaño), taxonómicas (especie), ecológicas (microhabitats ligados a elementos estructurales del árbol), económicas (valor de los productos directos que podría proporcionar: madera, piña, corcho...), sociológicas (valor estético, sombra, etc.).

El *Marteloscopio* se ha establecido como un campo de entrenamiento y de demostración de las diversas opciones de tratamiento selvícola que podrían aplicarse. Los datos previamente obtenidos de la monitorización exhaustiva de la parcela, junto con otros parámetros que han permitido convertir las características de los árboles en valores cuantitativos: económicos y ecológicos, se han incorporado a una base de datos que constituye el *input* de una aplicación informática de simulación "*in situ*" que permitirá obtener en tiempo real los resultados inmediatos del tratamiento simulado por los alumnos o por el profesor. El software puede funcionar en dispositivos electrónicos fáciles de manejar en campo como tablets.

2. OBJETIVOS

El proyecto que se presenta se ha planteado tres de los principales objetivos recogidos en el Plan de Innovación y Buenas prácticas Docentes 2016-2017 de la UCO:

a. Desarrollar una acción de innovación docente que genere una mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje y de los resultados académicos del alumnado.

c. Diseñar una práctica docente innovadora y que pueda constituir un referente de calidad, incorporando una metodología novedosa que está empezando a desarrollarse en el ámbito forestal en Europa.

e. Poner en práctica una metodología docente centrada en la actividad del alumnado que permita a éste fijar los conceptos teóricos aprendidos en clase y trasladarlos a su aplicación efectiva en la simulación de algunas de las tareas que constituirán parte de su futura labor profesional.

Como objetivos concretos se han planteado los siguientes:

1. Diseñar y establecer un Marteloscopia en el P.N. de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas que se utilizará como parcela de entrenamiento selvícola para los alumnos del Grado de Ingeniería Forestal y del Master en Ingeniería de Montes.

2. Desarrollar la base del software de trabajo que se utilizará en campo en las simulaciones de los alumnos que permitirá obtener resultados en tiempo real y analizar las causas sobre la labor realizada en el terreno

3. Aplicar el método en prácticas tutoradas con los alumnos y analizar el funcionamiento del mismo a través de la evaluación del aprendizaje y competencias adquiridas.

3. METODOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO

De acuerdo con los objetivos concretos indicados en el apartado anterior, las actividades realizadas se pueden resumir en las siguientes tareas:

1. Elección de una zona apropiada para el establecimiento del Marteloscopia.

Se ha elegido el P.N de Cazorla por proporcionar masas forestales de alto valor, tanto ecológico como económico, añadiendo además un alto valor recreativo y social. Esto permitirá analizar con fundamento los efectos de las simulaciones sobre usos reales del monte actualmente vigentes. Además, se ha establecido colaboración con el Centro de Capacitación y Experimentación Forestal de Vadillo-Castril, en Cazorla, para el establecimiento y utilización del Marteloscopia, optimizando así tanto las tareas de establecimiento y

monitorización de la parcela como su mantenimiento y utilización. Los datos de las simulaciones realizadas tanto por los alumnos de la UCO como por los de la Escuela de Vadillo-Castril aportarán datos de gran interés para la evaluación del método.

Dentro del Parque, y después de una prospección pormenorizada, se ha elegido una localización del monte “Navahondona” por reunir varios de los requisitos buscados, entre los que cabe destacar: facilidad de acceso, espesura adecuada de la masa forestal para permitir la simulación de claras y una composición y estructura de la masa forestal complejas para proporcionar un rango amplio de opciones en el aprendizaje selvícola. En el Anexo gráfico se puede ver la localización de la parcela.

2. Replanteo y monitorización del marteloscopio

Una vez elegida la zona se ha procedido a replantar sobre el terreno una parcela rectangular de 1ha de superficie. Se ha realizado un mapa preciso de la posición geoespacial de todos los árboles incluidos en la parcela mediante la utilización de la tecnología FieldMap (IFER), disponible en el Departamento de Ingeniería Forestal. La parcela cuenta con un total de 691 árboles de las siguientes especies: *Pinus nigra*, *Pinus pinaster*, *Quercus ilex*, *Quercus faginea* y *Juniperus oxycedrus*.

Se han medido todos los árboles de la parcela de acuerdo a los procedimientos habituales en la dasimetría, habiéndose obtenido medidas de diámetro normal (diámetro del tronco a una altura de 1,30 m sobre el suelo), altura total, y altura de fuste (altura hasta la inserción de la primera rama viva sobre el tronco). Los diámetros normales se han medido con cinta métrica o forcípula forestal. Las alturas se han obtenido utilizando el hipsómetro VERTEX.

A partir de las mediciones realizadas se ha estimado el volumen maderable de cada árbol con el fin de estimar su valor económico en madera. Para ello se han empleado tarifas de cubicación de dos entradas procedentes del 3º Inventario Forestal Nacional para la provincia de Jaén para cada una de las especies presentes (MAGRAMA, 2007).

La valoración ecológica de los árboles se ha basado en el método propuesto por KRAUS et al. (2013). Este método consiste en identificar las estructuras de cada árbol que puedan ser consideradas como microhábitats para diferentes formas de vida. Se ha utilizado el catálogo de microhábitats elaborado por el equipo de EFICIENT Integrate Plus (KRAUS et al, 2016). La valoración final del valor ecológico de cada árbol se hace depender del número y calidad de los microhábitat que albergue ponderado por las dimensiones del árbol.

3. Numeración y marcaje visible de los árboles:

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

Paralelamente se han marcado los árboles de forma permanente mediante la utilización de pequeñas etiquetas troqueladas con el código de identificación del árbol que aseguren la identificación a largo plazo en el caso de que puedan borrarse los números realizados con pintura.

4. Desarrollo del software de simulación

Con los datos obtenidos en el campo sobre los árboles del marteloscopio se ha desarrollado un software con base en Excel, que podrá en el futuro ser compilado para su conversión en una aplicación para móviles o tablets. (POMMERENING et al., 2015; KRAUS et al, 2013). Actualmente puede utilizarse en pc, ordenador portátil o tablet. La hoja de trabajo incluye una lista con todos los árboles de la parcela y el usuario debe marcar los árboles a cortar en la clara y/o los árboles de porvenir que deban favorecerse para el futuro, eliminando aquellos que pudieran ejercer competencia sobre los mismos. Una vez finalizada la selección de los árboles, el software proporciona diversas salidas gráficas y numéricas con los resultados del tratamiento simulado. En el ANEXO gráfico se pueden ver algunas de estas salidas.

4.Simulación y evaluación de selvicultura práctica

Se ha llevado a cabo una prueba preliminar del Marteloscopio en el curso propio “Praxis en Medio Forestal” que imparte desde hace más de 10 años el Departamento de Ingeniería Forestal. En esta práctica, que tuvo lugar durante el mes de abril de 2017, se establecieron 4 grupos de trabajo de 7 miembros cada uno y se les asignó a cada grupo un sector del Marteloscopio como campo de trabajo y unas instrucciones para simular un determinado tipo de clara. El resultado fue altamente satisfactorio, pudiéndose comprobar la gran utilidad del dispositivo. La heterogeneidad de la parcela elegida demostró ser muy adecuada para simular tratamientos selvícolas de naturaleza muy diferente.

5. RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos en este Proyecto de Innovación Docente pueden resumirse en los siguientes:

Disponibilidad de una parcela permanente (Marteloscopio) monitorizada y marcada sobre el terreno para su utilización en actividades formativas y de demostración de tratamientos selvícolas. Se ha realizado con autorización expresa de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, actual gestora del monte, lo que permitirá mantener su integridad y utilización durante un tiempo suficiente, sin modificaciones significativas de su composición y estructura para el fin educativo previsto. El Centro de Capacitación y Experimentación Forestal de Vadillo-Castril, situado en las proximidades del Marteloscopio ha colaborado en su establecimiento y en el desarrollo de este Proyecto a través de uno de sus profesores y será también usuario del mismo. Colaborará también en su mantenimiento y gestión con la UCO.

Uno de los resultados mas interesantes del proyecto, junto con el establecimiento y monitorización del Marteloscopio es el software desarrollado específicamente para su utilización. Dicho software es el que permite realizar la simulación de las intervenciones selvícolas en el propio monte y obtener simultaneamente los resultados de las mismas en relación a sus efectos sobre el valor económico y ecológico de la masa forestal antes y después del tratamientos simulado así como valorar en términos económicos los objetivos ecológicos de la actuación simulada y viceversa: estimar el valor ecológico de los productos maderables obtenidos en el aprovechamiento recreado.

6. CONCLUSIONES/DISCUSIÓN

Como principal conclusión del trabajo llevado a cabo se extrae la gran utilidad del dispositivo desarrollado para la enseñanza y el aprendizaje de la selvicultura en condiciones reales de campo sin renunciar al análisis de los resultados de las actuaciones.

En este proyecto se ha podido aunar la adquisición de destrezas prácticas sobre el terreno en la toma de decisiones sobre el objeto último de la gestión forestal que es el bosque o masa forestal con el análisis cuantitativo y crítico de las decisiones que hasta ahora requerían una disociación de ambas etapas en el tiempo. La observación *in situ* de los resultados selvícolas de las decisiones adoptadas en monte permitirán, sin duda, adquirir una mejor comprensión de los objetivos y criterios a emplear en la gestión cuidadosa y eficiente del monte a los alumnos de las titulaciones relacionadas con la gestión forestal.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Capacitación y Experimentación Forestal de Vadillo-Castril por su apoyo y colaboración en la realización de los trabajos de campo y su participación en el testado del dispositivo.

A la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía por autorizar la realización del proyecto en el monte "Navahondona" del Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas, bajo su gestión.

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

BIBLIOGRAFÍA

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

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

POMMERENING, A., VÍTKOVÁ, L., ZHAO, ., PALLARÉS RAMOS, C. 2015. *Towards Understanding Human Tree Selection Behaviour*. FOREST FACTS – Results from the Swedish University of Agricultural Sciences. ISSN: 1400-7789. Production: SLU, Faculty of Forest Sciences 2015. Responsible editor: Karin.Ljung@slu.se.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. 2007 *3 Inventario Forestal Nacional. Provincia de Jaén*. http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/ifn3_bbdd_descargas.htm.aspx

IFER - Monitoring and Mapping Solutions, Ltd. *Field Map*. <http://www.ifer.cz/new/index.php>