



## 6º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

---

6CFE01-507

---

Montes: Servicios y desarrollo rural  
10-14 junio 2013  
Vitoria-Gasteiz



---

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales  
Vitoria-Gasteiz, 10-14 junio de 2013  
ISBN: 978-84-937964-9-5  
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

## Desarrollo de un sistema de apoyo a la decisión para los gestores forestales gallegos vía web (SaDDriade)

MAREY-PÉREZ, M.F.<sup>1,2</sup>, FRANCO-VAZQUEZ, L.<sup>1,2</sup>, ÁLVAREZ-LÓPEZ, C.J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Estudos e Desenvolvimento de Galicia (IDEGA).

<sup>2</sup> GI-1716 Proxectos e Planificación. Unidad de Referencia Competitiva de la Xunta de Galicia 2012-2015

Departamento de Enxeñaría Agroforestal. Universidade de Santiago de Compostela. E.P.S. Campus Universitario de Lugo. 27002, e-mail: manuel.marey@usc.es

### Resumen

Desde el grupo de investigación de Proyectos y planificación (GI-1716) de la USC venimos trabajando en realizar aportaciones que supongan vías de solución a los problemas que experimentan los sectores agrarios y agroindustriales de la provincia de Lugo y Galicia teniendo como referente y conexión los puntos de desarrollo tecnológico más importantes de España y Europa. SaDDriade es una apuesta por el desarrollo de programas de ayuda a toma de decisiones para los gestores forestales independientemente de su tipo de formación permitiendo realizar escenarios comparados para los diferentes modelos técnico-económicos todo ello solamente con la necesidad de disponer de conexión a internet sin ningún otro tipo de aplicación informática. Todos los componentes empleados en esta aplicación son de código libre, por las indudables ventajas económicas para los utilizadores y desarrolladores. Se implementan un total de 146 modelos de gestión forestal para 12 especies diferentes aplicables para las diferentes zonas de Galicia.

### Palabras clave

Sistema de apoyo a la decisión, aplicación web, software libre, propietarios forestales.

### 1. Introducción

En los últimos años los sistemas de apoyo a la decisión forestales (SADF) han variado los objetivos de su desarrollo, pasando desde aquellos que solo presentaban un único objetivo centrado en aportar información sobre: la calidad de sitio para la repoblación (HACKETT & VANCLAY, 1998); la fertilidad del suelo (LOUW & SCHOLE, 2002); los requisitos del hábitat (STORE & JOKIMÄKI, 2003); el crecimiento del arbolado (HACKETT & VANCLAY, 1998); la gestión de las masas (KOLSTRÖM & LUMATJÄRVI, 1999); los incendios forestales (KALOUDIS, 2005 y BONAZOUTAS et al 2008); los derribos por viento (MICKOUSKI et al. 2005; OLOFSSON & BLENNOW, 2005; ZENG et al. ,2007); la planificación a largo plazo de bancos de semillas (NUTE et al. 2005 y TWERY et al. 2005); el caudal de los ríos y su relación con el arbolado (MACVICAR et al., 2007) y los beneficios económicos (HUANG et al 2010). Hasta los más actuales en los que la dimensión del objetivo

es múltiple, el problema de planificación de gestión se dirige hacia dos o más objetivos, algunos de los cuales pueden estar en conflicto.

NÆSSET (1997) y STIRN (2006) señalan la necesidad de nuevas herramientas para ayudar a la planificación de objetivos relacionados con la biodiversidad y la producción de madera. Las necesidades de la gestión forestal sostenible deben ser tenidas en cuenta e incorporadas en el diseño de los SADP (WOLFSLEHNER & VACIK, 2008). Las acciones de manejo forestal no puede considerarse de forma aislada o monocausales, a pesar de la dificultad que supone integrarlas espacial y temporalmente (KANGAS & KANGAS y MACMILLAN & MARSHALL, 2004). El objetivo es ofrecer una visión general de enfoque alternativo para hacer frente a la incertidumbre desde el punto de vista de la silvicultura y la gestión de los recursos naturales y los ecosistemas (RAUSCHER, 2000). Entre los sistemas desarrollados para la gestión multiobjetivo en ámbitos forestales y de los recursos naturales destacan los realizados por BRYAN & CROSSMAN (2008) para cuencas fluviales en Australia; KURZ et al. (2009); el carbono en Canadá; STRANGE et al (1999) control de plagas en Polonia; LI et al (2000) gestión de paisaje en Carolina del Sur; FALCÃO et al (2006) en Portugal con un instrumento de visualización para valoración del paisaje.

De forma inherente al objetivo fundamental de los SADP, predecir el comportamiento a futuro de la actividad forestal en sus múltiples dimensiones, la escala temporal cobra especial importancia en el desarrollo de este tipo de aplicaciones. Se distinguen tres tipos de escalas: A largo plazo o estratégica aquella que conlleva un horizonte de planificación superior a un mínimo de 15 años. POTTER et al (2000) afirman que el manejo de ecosistemas forestales implica la necesidad de pronosticar los estados futuros de los sistemas complejos que a menudo experimentan cambios estructurales. Es mediante la planificación estratégica que se garantiza la integridad ecológica y la sostenibilidad (GUSTAFSON & RASMUSSEN, 2002), la gestión del riesgo (BORCHERS, 2005 y HEINIMANN, 2010) y el paisaje futuro (AITKENHEAD & AALDERS, 2009). NÆSSET (1997) destaca la importancia que tiene la integración de los SIG con modelos cuantitativos para la planificación del manejo forestal a largo plazo. Algunos ejemplos interesantes de SADP estratégicos son los presentados por BOYLAND et al (2006) para un horizonte de planificación de 250 años; WOLFSLEHNER & VACIK (2008) 120 años; DÍAZ-BALTEIRO & ROMERO (2004) para 100 años dividido en períodos de diez; BASKENT et al (2001) 85 años; HUTH et al (2005) 60 años; LASCH et al (2005) realiza simulaciones a 50 años. No solamente la escala temporal es mayor para este caso de planificación, sino que lo es también la escala espacial (KANGAS & KANGAS, 2005).

Cuando duración del período planificado es de 1 a 15 años se trata de planificación táctica o a medio plazo. KANGAS & KANGAS (2005) afirman que en planificación táctica el número de planes forestales alternativos puede considerarse infinito. Diferentes ejemplos de este tipo de planificación son los presentados por (ANDERSON et al. 2005) FTM (Forest Time Machine), que simula el desarrollo de un área de bosque y calcula el desarrollo de los rodales en intervalos de 5 años. SNOW & LOVATT (2008) examinan la utilización de general planner for agro-ecosystem models (GPAM) en optimización de longitud de rotación de pastos, construyendo un árbol de decisión, de las posibles decisiones, hasta cierto punto definido en el futuro.

La planificación a corto plazo u operacional es aquella que contempla un período igual o inferior a 1 año. ACUÑA et al (1997) destacan la gran utilidad de emplear procedimientos transparentes, operativos, fácilmente validados y suministrados por expertos. DUCEY & LARSON (1999) afirman que la evaluación de sostenibilidad requiere de un cuidadoso equilibrio entre metas a corto y largo plazo. MOWRER (2000) considera que la escala temporal a la que el SADF o herramienta operativa funcione tendrá un efecto sobre el nivel de incertidumbre del análisis, siendo menor la incertidumbre en planificación a corto plazo. A medida que los modelos sean más empíricos aumentará su precisión (PORTÉ & BARTELINK, 2002). Algunos ejemplos destacables de SADF operativos destacados son el presentado por VACIK & LEXER (2001) que evalúan 9 mezclas de especies y 7 métodos de regeneración multiobjetivo a nivel rodal. Newton (2003) tabula la gestión anual de plantaciones de abeto negro. THOMSON & WILLOUGHBY (2004) presentan un sistema web de asesoramiento en la gestión agroforestal. KURZ et al (2009) comentan que una versión a escala operativa del modelo de dinámica de carbono canadiense. NEWTON (2009) demuestra la utilidad del modular-based structural stand density management model (SSDMM) para toma de decisión en gestión operativa.

Otro de los aspectos más relevantes para el análisis del los SADF lo constituye la escala espacial de la unidad de análisis. El mayor nivel lo constituye la escala regional o en algunos casos la nacional, en este tipo de trabajos la planificación es de carácter estratégico y sirve para establecer las líneas de actuación (ANDERSON et al. 2005; ASCOUGH, 2008; CARLSSON et al 1998; CROOKSTON & DIXON, 2005; HEINIMANN, 2010; KURZ, 2009; MATHEWS,1999; MOWRER, 2000, POTTER, 2000; MAITNER et al. 2005; NUTE, 2005; REYNOLDS, 2005; THOMPSON et al. 2007). Estos trabajos se han desarrollado principalmente en los Estados Unidos y en diferentes regiones de Escandinavia.

Una segunda escala la constituye el paisaje o bosque que ha servido de unidad para los trabajos desarrollados en Estado Unidos por RAUSCHER en 1999, TWERY & THOMSON et al. en el año 2000; TWERY & HORNBECK en 2001, BETTINGUER et al. 2005; BORCHERS, 2005; GÄRTNER et al 2008 y GRAYMORE et al en el año 2009. Para Escandinavia autores como (ANDERSON et al. 2005; KURTTILA, 2001; LESKINEN et al. 2003; STORE & JOKIMÄKI, 2003). En otros lugares del mundo destacar los trabajos de SEELY et al. 2004; STIRN, 2006 y WANG et al. 2010. Es a esta escala cuando se plantea la necesidad de integrar los SIG en los SADF de forma simple pero eficaz para los gerentes regionales en identificación de zonas más necesitadas de iniciativas para el progreso sostenible (MARTINS & BORGES, 2007) e instrumentos de visualización 3D (Falcão et al, 2006).

La principal escala de planificación hasta la actualidad es el rodal que es aquella en que las unidades son homogéneas en cuanto a ecología, fisiografía y futuros desarrollos. Algunos trabajos destacados son los presentados por (AERSTENET et al. 2010; ANDERSON et al. 2005; CROOKSTON & DIXON, 2005; DUCHEYNE et al. 2004; HUTH et al. 2005; KOLSTRÖM & LUMATJÄRVI, 1999; MATHEWS et al. 1999; METTE et al. 2009; TORRES-ROJO & SANCHEZ-OROIS, 2005; SEELY et al. 2004; SNOW & LOVATT, 2008; TWERY et al., 2000; VARMA et al. 2000) y que han sido aplicados en lugares tan diferentes como, Escandinavia, Australia, Austria, Canadá, Malasia, Escocia, Alemania y Turquía; tanto para rodales mixtos o monoespecíficos de especies como abetos, piceas y especies tropicales entre otros. Trabajos a esta escala con características diferenciales destacan los de BASKENT et al (2001) sobre rodales simulados. VACIK & LEXER (2001),

KURTTILA (2001) aplicados en rodales procedentes de regeneración natural y (CHERTOV et al. 2002 y GOLDSTEIN et al. 2003) analizan las consecuencias sobre ecosistemas naturales. Los trabajos de NUTE et al, (2005), TWERY et al. (2005) y SALMINEN et al (2005) permiten al utilizador actualizar la evaluación de inversión a nivel rodal y a nivel conjunto de la explotación, pudiendo desarrollar escenarios de uno o más tratamientos para las unidades de gestión. MARTINS & BORGES (2007) apuntan que la búsqueda de la sostenibilidad de bosques pertenecientes a muchos pequeños propietarios no industriales (NIPF) exige la elaboración de instrumentos para el tamaño de sus propiedades y su escala de decisión.

Como elemento fundamental en el desarrollo de los SADP en los últimos años ha ido ganando fuerza la flexibilidad en la toma de decisiones. Se ha ido evolucionando desde los sistemas que permitían solo la decisión unilateral sólo uno tiene el poder de decidir (THOMSON et al. 2000; LESKINEN et al. 2003; KALOUDIS et al. 2005) aunque se han mantenido sistemas con un único decisor se han ido desarrollando nuevos en los cuales la decisión es colegial donde múltiples participantes expresan sus preferencias para apoyar a un único decisor en la toma de decisión. En KANGAS & LEKINEN (2005), tras un cuidadoso estudio del área forestal en cuestión, algunos expertos escogieron la variables explicativas que se utilizarán en el modelo. El software para reducción de daños por incendio propuesto por KALOUDIS et al (2010) ha sido probado y evaluado, inicialmente, por tres grupos distintos de usuarios.

Lo más actual e inicialmente interesante y complejo los sistemas en los que la toma de decisiones participativa por múltiples interesados que han de llegar a un acuerdo para la decisión final. En NUTE et al (2000) se desarrolla una toma de decisiones con metodología social participativa y ambientalmente sensibles en América Central. Mendoza y Prabhu (2003) utilizan la metodología MCA para llevar a cabo una evaluación de la estructura de Criterios e Indicadores (C&I) en un entorno de toma de decisiones participativo. En un contexto de participación pública SHEPPARD Y MEITNER (2005) describen la necesidades de los gestores en planificación forestal sostenible, delineando los criterios para el diseño de procesos de apoyo a estas decisiones. Según MENDOZA & MARTINS (2006) el método de sistemas suavemente cualitativo permite un proceso de toma de decisiones más participativo. En los procesos de participación pública, KANGAS et al (2006) afirman que cuestiones como la equidad, representatividad y transparencia son importantes. MARTINS & BORGES (2007) interpreta el diseño de un plan de manejo forestal como un caso de planificación participativa. RAMAKRISHNAN (2007) emplea métodos de gestión participativa en silvicultura sostenible. Otros ejemplos ilustrativos son los presentados por VAINIKAINEN et al y WOLFSLEHNER & VACIK en el 2008 y ANDERSON et al. en el 2009.

Por último destacar la evolución en el desarrollo de herramientas matemáticas y su implementación informática para la resolución de los problemas planteados de forma eficiente. El trabajo de DÍAZ-BALTEIRO & ROMERO titulado “Making forestry decisions with multiple criteria: A review and an assessment”, publicado en 2008, realiza una excelente evaluación de los diferentes problemas de gestión forestal y las diferentes herramientas para su resolución. Aportar como referencias no incorporadas en el trabajo señalado y que han incorporado algún diferentes tipos de técnicas para dar respuesta al objetivo destacar el trabajo de AITKENHEAD & AALDERS (2009) utilizando redes bayesianas; MARTÍN-FERNÁNDEZ & GARCÍA-ABRIL (2005) y ZENG et al (2007) utilizan algoritmos genéticos y búsquedas tabú; STIRN (2006) utiliza la programación dinámica y las técnicas fuzzy;

CHERTOV et al (2002) la data mining; WOLFSLEHNER et al (2005) utilizan AHP y ANP; MACMILLAN & MARSHALL (2004) han utilizado programación lineal.

## 2. Objetivos

Mostrar la aplicación desarrollada por nuestro grupo de investigación denominado SaDDrade desarrollado para la toma de decisiones por parte de los propietarios forestales gallegos. Se trata de un sistema de apoyo a la decisión forestal con capacidad de planificación estratégica, táctica y operacional. Con la escala de planeamiento espacial considerada la parcela forestal independiente de su tamaño. Desarrollado en un entorno web para su utilización sin necesidad de instalación de ningún tipo de aplicación más allá de conexión a internet.

## 3. Metodología

### 3.1. Punto de partida

Las nuevas tecnologías de la información y la comunicación constituyen un pilar básico en el que se asentará el desarrollo económico de nuestra sociedad. En las zonas rurales de Europa la “brecha digital” que existe en la actualidad va a ser superada a partir de varios ejes de actuación entre los cuales estará la financiación pública, la formación y en especial la apuesta de las organizaciones y empresas por este tipo de actividades. Esta apuesta va a depender del interés que para la misma en oferta de oportunidades y solución de problemas supongan estas tecnologías.

Desde el grupo de investigación de Proyectos y Planificación de la Universidad de Santiago de Compostela (GI-1716) venimos realizando aportaciones que supongan vías de solución a los problemas que experimentan los sectores agrarios y agroindustriales de Galicia y otras regiones de marcado carácter rural de Europa e Hispanoamérica. SaDDriade es el resultado de un proceso que comenzó con el análisis de las debilidades y fortalezas del sector forestal, se revisaron los planes estratégicos de la industria forestal, de la madera, del mueble, de la energía, los de conservación medioambiental, de planificación del territorio, etc..., haciendo especial lectura de cuanto había en relación con las TIC y el desarrollo sostenible, con la idea de aglutinar cuanta información estuviera a nuestro alcance. La propia experiencia del grupo de investigación se incorporó al corpus de conocimiento, dotándolo de una amplia dimensión científica y práctica.

A lo largo de los últimos años se habían realizando diversas jornadas, congresos, foros y puntos de encuentro entre propietarios, asociaciones, industria, administraciones y académicos, que dejaron reflexiones de inestimable valor en la definición de lo que debería ser un SADF adaptado a la realidad de la región. Finalmente como resultado de la combinación del proyecto de investigación de la Xunta de Galicia "Sistema de apoyo a decisión para montes veciñais en man común (SadMvmc)" (07MRU035291PR) y de diferentes colaboraciones con Administraciones públicas, asociaciones forestales y empresas privadas, todo ello dentro del marco del proyecto COST Action FP0804 - Forest Management Decision Support Systems (FORSYS) han aportado el marco el apoyo económico, técnico y científico para la puesta en marcha del proyecto.

### 3.2. Motivaciones

El estudio de los datos recabados dio las claves no sólo de las demandas que debía cubrir el SaDDriade, sino de la manera en que debía hacerlo para proporcionar las respuestas adecuadas a los potenciales usuarios. Marcamos como objetivo un SADF de uso inmediato en las empresas, sin coste para ellas, ni en su implantación, ni en el pago de licencias, y que no precisara para su uso de formación específica del personal o de una actualización de los equipos. Además tenía que llegar al mayor número de usuarios en el menor intervalo de tiempo lo que obligaba a que la transmisión de conocimiento debía ser lo más fluida posible.

Nuestra experiencia de docentes universitarios nos permite identificar cuales son los mecanismos o formas de transmitir y llegar con mayor facilidad al conocimiento por parte de los usuarios. Se descartaron muchas posibilidades hasta quedar claro que sólo había una opción que cumpliera los requisitos exigidos: el world wide web, comúnmente denominado aplicación web. Dentro del proceso de creación de una aplicación informática, la elección de una determinada plataforma de desarrollo constituye uno de los puntos críticos que condicionan el resto de actuaciones. Es preciso un análisis pormenorizado de las fortalezas y debilidades de cada entorno de programación y enfrentarlos comparativamente con los perfiles de los destinatarios y los objetivos a conseguir para lograr una experiencia de usuario satisfactoria. En la actualidad, el desarrollo tecnológico y el auge de las telecomunicaciones impone una tendencia imparable hacia el desarrollo de aplicaciones web, y a su fusión con aplicaciones móviles, en detrimento de aquellas desktop, cuyo peso específico es cada vez menor. Algunos de los motivos de optar por la plataforma web son:

- **Compatibilidad multiplataforma.** Varias tecnologías incluyendo PHP,Java, Flash, ASP y Ajax permiten un desarrollo efectivo de programas soportando todos los sistemas operativos principales.
- **Actualización.** Estar siempre actualizadas con el último lanzamiento sin requerir que el usuario tome acciones pro-activas, y sin necesitar llamar la atención del usuario o interferir con sus hábitos de trabajo.
- **Inmediatez de acceso.** Las aplicaciones basadas en web no necesitan ser descargadas, instaladas y configuradas. Se accede a la dirección online y están listas para trabajar sin importar cuál es su configuración o su hardware.
- **Facilidad de prueba.** No existen obstáculos para permitir pruebas sencillas y efectivas de herramientas y aplicaciones.
- **Menor requerimiento de memoria.** Tienen demandas mucho más razonables de memoria RAM para el usuario final que los programas instalados localmente. Al residir y correr en los servidores del proveedor, esas aplicaciones basadas en web usan en muchos casos la memoria de las computadoras que ellos poseen.
- **Menos errores.** Son menos propensas a “colgarse” y crear problemas técnicos debido a conflictos de hardware con otras aplicaciones existentes, protocolos o software personal interno. En las aplicaciones web, todos utilizan la misma versión y todos los errores pueden ser corregidos tan pronto como son descubiertos.

- **Precio.** No requieren la infraestructura de distribución, soporte técnico y marketing requerido por el software descargable tradicional.

- **Múltiples usuarios concurrentes.** Pueden realmente ser utilizadas por múltiples usuarios al mismo tiempo. No hay necesidad de compartir pantallas o enviar instantáneas cuando múltiples usuarios pueden ver e incluso editar el mismo documento de manera conjunta.

- **Facilidad de uso.** La expansión de internet como canal de comunicación para empresas y particulares ha provocado que los navegadores sean de largo la aplicación informática con mayor presencia en los ordenadores de todo el mundo.

## 4. Resultados

### 4.1. Quién realizó SaDDriade

El equipo de desarrollo del trabajo estuvo formado por 10 personas con la colaboración de decenas de profesionales y técnicos de la Administración del sector forestal y más de 20 expertos de renombre internacional que directa o indirectamente han trabajado en el desarrollo del mismo. A lo largo del tiempo se han construido los modelos técnico-económicos para las principales especies forestales gallegas y sus diferentes localizaciones en Galicia. Estos modelos engloban lo más avanzado en técnicas selvícolas y crecimientos de árboles individuales o masas arbóreas junto con la componente económica parametrizada de las diferentes fases o tareas de gestión forestal que van desde la preparación del terreno para la plantación, todas las tareas ligadas a la silvicultura y el aprovechamiento de la madera o la biomasa.

### 4.2. Para quién se realizó SaDDriade

Durante el desarrollo de todos sus componentes, se ha tenido en cuenta desde el principio a quién iba dirigido y cuáles eran las demandas de los futuros utilizadores, al igual que cuáles iban a ser los conocimientos de que disponían. De esta forma se ha desarrollado una aplicación que independientemente de las potencialidades a la hora de generar soluciones, presente características como son la facilidad de manejo, accesibilidad, usabilidad y claridad en la exposición de los resultados y que permita al usuario determinar en qué fase del trabajo se encuentra sin quedar atrapado dentro del programa. Los potenciales clientes a los que va dirigida esta aplicación se muestran a continuación, especificando las características del cliente y las demandas que viene a satisfacer el desarrollo aquí mostrado.

- **Empresas forestales.** Considerando las empresas dedicadas a la repoblación forestal, la silvicultura, los aprovechamientos, cortas de madera y biomasa forestal, la industria de primera transformación (aserraderos, industrias de tableros, industria de la pasta de papel y plantas de generación de energía a partir de la biomasa). Junto a este tipo de empresas se encontrarán las consultoras u oficinas técnicas de ingeniería.

- **Asociaciones de propietarios forestales.** sus necesidades y demandas al programa son muy similares a los anteriores, con la peculiaridad de carecer en su mayoría de suficiente personal técnico cualificado para abordar de una manera rigurosa las labores de planificación. SaDDriade ha sido pensado para ayudarlos a mejorar la calidad y cantidad de sus productos forestales,

- **Grupos de investigación de las universidades y los centros de investigación.** SaDDriade puede realizar una labor de “laboratorio” y “banco de datos” con información útil para comprender como funciona la realidad forestal. Todo ese bagaje colaborará en la aparición de nuevos estudios, capaces de ahondar aún más en una manera de hacer silvicultura de calidad, basada en la multifuncionalidad, el aprovechamiento energético y la ordenación racional de sus recursos, cuyo fin último es la apuesta por la excelencia y sostenibilidad de las explotaciones, y que permita asegurar el futuro económico del monte gallego a corto, medio y largo plazo.

- **Centros de enseñanza forestal.** Los centros de formación profesional y en especial los centros de formación universitaria dedicados a la actividad forestal pueden utilizar esta aplicación para el desarrollo de la docencia. Los alumnos podrán adquirir experiencia en la planificación y gestión forestal, y experimentar con simulaciones sobre las masas forestales de su entorno, viendo las posibilidades de evolución y su adquiriendo conocimientos prácticos que de otra manera no serían posibles.

### 4.3. Para quién se utiliza SaDDriade

El objetivo principal es proporcionar información de los ciclos productivos de las diferentes especies forestales existentes en Galicia, bien se encuentren en producción en una parcela rústica o la posibilidad de puesta en marcha de un modelo productivo en una parcela que en la actualidad se encuentra a matorral, cultivo agrícola o forestal pero que el utilizador cambie de especie. Los datos aportados van a permitir conocer y evaluar las operaciones a realizar a lo largo de los procesos productivos, los costes asociados a cada una de esas actuaciones y el rendimiento final esperado. Los diferentes utilizadores van a obtener respuestas a consultas destinadas a conocer aspectos de la gestión forestal como:

- **Previsiones.** Con datos de existencias potenciales para los diferentes modelos en las diferentes parcelas en los que se realice la simulación. Aportarán información de los trabajos a realizar como de los costes asociados a dichas operaciones al igual que los beneficios previsibles para los diferentes años y para final de turno o ciclo del modelo técnico económico desarrollado.

- **Informes de situación.** Se trata de “fotos fijas” del estado y del valor de la madera o la biomasa en un momento determinado. Permitirá determinar la inversión a realizar o realizada en un determinado período de tiempo al igual que el valor de los productos existentes en las parcelas o los años y las operaciones necesarias para obtener rendimientos de los modelos propuestos.

- **Análisis de inversiones, rentabilidad.** Permitirá conocer a priori el esfuerzo que es necesario desarrollar en la actividad forestal en una parcela. Conoceremos a través de los indicadores como el TIR y el VAN cual va a ser la rentabilidad esperada en cada escenario o modelo técnico-económico desarrollado y cuáles son los aspectos que más inciden en dicha rentabilidad.

- **Mejora de los procedimientos formativos (formación/extensión).** Una de las actuaciones paralelas que va a suponer el manejo de esta aplicación va a estar en la extensión o formación

de los utilizadores que lleva aparejada. El manejo del programa permitirá tener un conocimiento mejorado de las implicaciones de la silvicultura y la gestión forestal.

- **Control de stocks.** Los utilizadores podrán consultar en cada momento cual es el volumen de madera que tienen sus parcelas lo que les permitirá hacer previsiones de lo que pueden producir o informes de pérdidas en caso de daños por fuego, viento, nieve, etc.

- **Reducción de costes.** La disponibilidad de la información va a llevar aparejada la posible reducción de costes. Dos factores van a ser determinantes en este hecho, el conocimiento de los costes medios de las operaciones permitirá manejar las ofertas de los suministradores o contratistas de acuerdo a los términos de referencia contrastados. En segundo lugar el conocimiento de cuales son los modelos óptimos de producción para cada modelo técnico-económico va a evitar que se realicen operaciones innecesarias.

- **Transparencia de mercados.** La disponibilidad de información accesible influirá definitivamente en la transparencia de los flujos y las relaciones comerciales que contribuyan a clarificar un sector comúnmente identificado como poco transparente. En segundo lugar el conocimiento real del coste medio de obtención de un producto y de su valor en el mercado facilitará la labor de compra venta y la accesibilidad a la materia prima.

- **Sistema de documentación técnica y de gestión.** Por tratarse de una aplicación informática establecida sobre un servidor central con todos los protocolos de seguridad va a contribuir a que los distintos utilizadores puedan disponer de un espacio en el que realizar y almacenar sus operaciones con la garantía de poder recuperarlos y manipularlos en el futuro.

- **Ayuda para procesos administrativos.** Gran parte de las actividades ligadas a los procesos productivos de la actividad forestal son o bien subvencionados o bien regulados por la Administración. Este proceso administrativo lleva aparejado la necesidad de documentación técnica que puede ser extraída en el formato demandado por la Administración responsable a petición del utilizador. Con la futura generalización de la Administración electrónica esta aplicación pasará de ser importante a necesaria.

- **Base de datos con información legislativa.** La aplicación llevará asociada una base de datos con información legislativa (módulo Lexplan) que permitirá conocer toda la legislación que afecta a la actividad forestal en sus diferentes fases. El utilizador tendrá acceso a todas las normas reguladoras y subenciones que puede recibir de acuerdo a la actividad que propone realizar en cada momento.

#### 4.4. Cómo funciona SaDDriade

En el SaDDriade están implementados modelos de gestión forestal para 12 especies diferentes (ver tabla 1). De esta forma se han parametrizado un total de 146 modelos, en 40 zonas en las que se ha dividido Galicia. Lo que ha supuesto un total de 13.108 tareas y subtareas en las que se utilizan un total de 160 clases distintas de medios materiales, maquinaria, etc.

Tabla 1. Especies y número de modelos desarrollados para cada una

Espece	Número de Modelos
<i>Pinus pinaster</i>	17
<i>Pinus sylvestris</i>	9
<i>Pinus radiata</i>	15
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	8
<i>Quercus robur</i>	8
<i>Quercus rubra</i>	12
<i>Quercus pirenaica</i>	6
<i>Juglans regia</i>	6
<i>Populus sp. (híbridos)</i>	8
<i>Eucalyptus nitens</i>	7
<i>Castanea sativa</i>	23
<i>Castanea hybrida</i>	27
<b>Total</b>	<b>146</b>

Los modelos han sido diseñados en base a criterios técnicos: 1) Formas posibles de mecanización, 2) selección de la mejor técnica disponible, 3) delimitación de densidades adecuadas, 4) programación de cuidados culturales sobre suelo y vuelo, 5) programación de cortas intermedias. Del mismo modo se han tenido en cuenta criterios económicos: 1) Determinación de turnos tecnológicos, 2) Turnos de máxima renta, 3) Minimización de gastos, 4) Estimación de beneficios.

Los pasos a desarrollar para la aplicación del programa a un caso real serán los siguientes.

#### 4.6.1. Elección del modelo

Lo primero que debe hacer el usuario es elegir cuál de los módulos de SAD dríade quiere usar entre los disponible: SAD Castanea, SAD Eucalyptus, SAD Pinus, SAD Populus y SAD Quercus. En la figura 1 se observa la pantalla inicial del programa con los diferentes módulos de acceso.



Figura 1. Pantalla de acceso al programa SaDDriade

Partiendo del cliente SIG-WEB, el proceso comienza una vez que el usuario selecciona una parcela. Basta con pulsar en el enlace que aparecerá en la ventana desplegada, para que se muestre una nueva pantalla con unos datos básicos sobre su elección, y comiencen las preguntas que lo guiarán a través de todo el proceso de apoyo a la decisión. A través de la localización de la parcela elegida, ya se ha realizado un primer filtrado de calidades y especies, por lo que del conjunto inicial de modelos técnico-económicos sólo se va a permitir acceder a aquellos que son considerados ecológica y económicamente viables. Para facilitar la elección los modelos aparecen clasificados por especie y destino de la producción. El usuario deberá seleccionar un modelo entre todas las opciones para poder continuar los cálculos. En la figura 2 se muestra el módulo GIS del programa que da acceso a las parcelas rústicas.

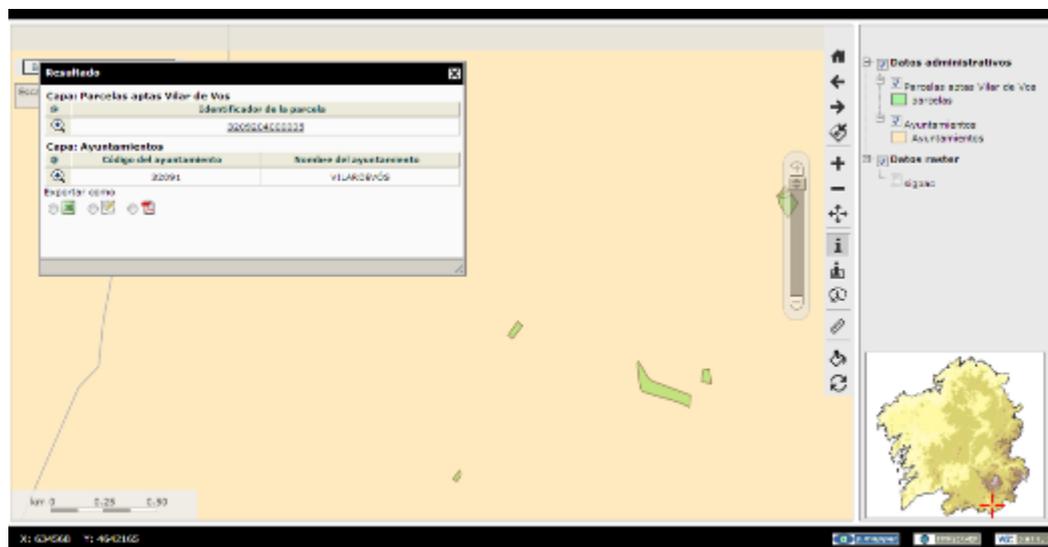


Figura 2. Pantalla de acceso al módulo GIS del programa SaDDriade

#### 4.6.2. Variables de gestión

Una vez seleccionado el modelo técnico-económico elegido para llevar la simulación se presentan las características básicas del modelo y que se muestran en las figuras 3 y 4.



Figura 3. Modelos técnico-económicos para la especie *Castanea hybrida* del SaDDriade



Figura 4. Características principales del modelo técnico-económico seleccionado

El usuario puede seleccionar una serie de parámetros que influyen en el desarrollo y rendimiento de las tareas propias del modelo elegido a nivel de proyecto: Características del lugar: pendiente, porcentaje de afloramientos rocosos, pedregosidad, y tipo de suelo. Estado inicial de la vegetación: tipo, altura y densidad de vegetación inicial, y presencia de cepas que obligarían a efectuar operaciones de despejado. Alternativas de gestión: elección de plantación a raíz desnuda o en envase, dirección de trabajo, y protección de plantas y plantaciones. Otras alternativas de gestión: caracterización de la protección y del despejado. Las opciones van surgiendo paralelamente al proceso de simulación, y el usuario siempre

tiene la opción de que el SaDDriade “recuerde” sus respuestas durante todo el proceso con sólo marcar el checkbox que aparece al lado de cada pregunta. Para las diferentes simulaciones se disponen de 12.000 combinaciones posibles de rendimientos, 13.000 subtareas anuales (que generan más de 4.300 productos parciales), 38 tipos de medios distintos, 72 clases de insumos y 47 grupos de productos finales diferentes. Todos ellos asociados a bases de datos de precios, restricciones, modelización y clasificación.

#### 4.6.3. Resultados de simulación

Una vez concluida la simulación el usuario obtiene una pantalla con los resultados de la misma en diferentes formatos.

- **Gráficos de apoyo interactivos.** Son una serie de gráficos interactivos que muestran la evolución económica de la plantación en el tiempo, el desglose de gastos e ingresos y la distribución del coste de mano de obra y maquinaria.

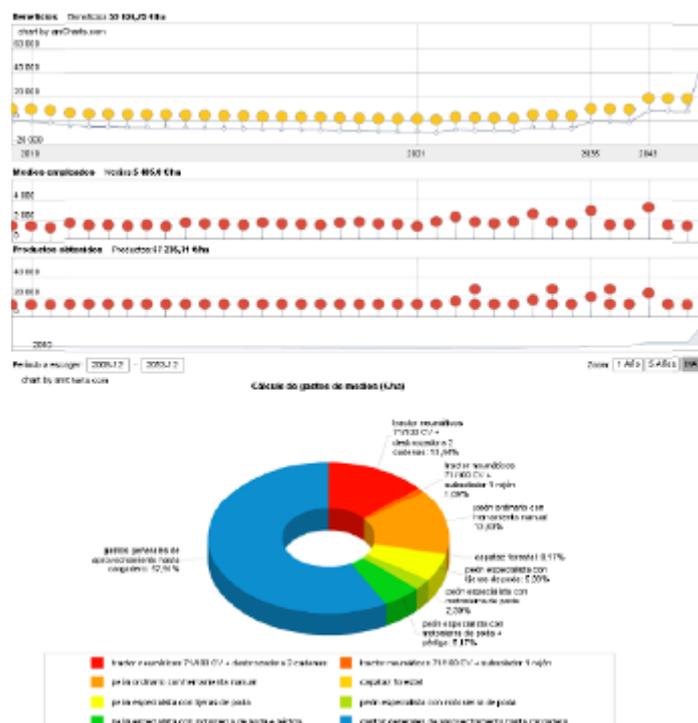


Figura 5. Resultados de una simulación

- **Indicadores económicos.** Gastos totales: resultado de la suma de todos los gastos de mano de obra, maquinaria e insumos. Ingresos totales: suma de los ingresos obtenidos por la venta de productos. Beneficios: cálculo de la diferencia entre ingresos y gastos. VAN: Valor Actualizado Neto. TIR: Tasa Interna de Retorno calculado por el método Newton- Raphson.

- **Visualización de la plantación con Google Earth.** Por medio de un plugin de Google Earth (por motivos que nos son ajenos sólo está disponible para sistemas operativos Windows y Mac OS X 10.4 +) se muestra una evolución de la plantación de la parcela, permitiendo un análisis paisajístico de las diferentes decisiones y operaciones ejecutadas. Se trata de una representación en 3D, a marco real, en toda o parte de la parcela, en donde se pueden realizar

vuelos, “andar” entre los árboles o realizar visualizaciones dentro de un contexto más amplio. La figura 6 muestra un ejemplo.



Figura 6. Localización de los árboles en una parcela y modelo seleccionado

#### 4.6.4. Exportación

Se permite la exportación en 3 formatos, dependiendo de los intereses del usuario. kmz. Archivo comprimido que contiene datos geográficos y modelos tridimensionales empleados para representar la evolución en el tiempo de la plantación. Se puede abrir con Google Earth.pdf y xls.

## 5. Conclusiones

Los Sistemas de Apoyo a la Decisión Forestal (SADF) han demostrado ser útiles en los distintos ámbitos económicos en los que se han desarrollado debido a su capacidad de simulación y optimización. Los SADF han evolucionado con el tiempo debido a la necesidad de introducir restricciones sociales y ambientales para el manejo forestal.

El desarrollo presentado en este trabajo (SaDDriade) presenta las técnicas más avanzadas en TI (aplicación web y simulación de realidad virtual). También es fácil de usar, lo que permitiría un mayor número de usuarios tenga acceso a él sin mucho conocimiento de TI o forestales. Por lo tanto, podría, y debería, ser una herramienta para la extensión forestal, lo que haría este tipo de gestión más sostenible y dará la posibilidad de aumentar su nivel de tecnificación.

Las nuevas líneas de desarrollo que se traducirá en un mejor instrumento al servicio de los propietarios y gestores forestales son: la inclusión de opciones de optimización y procesos estocásticos, la resolución mediante métodos heurísticos en los que el riesgo de las actividades forestales en diferentes entornos geográficos se pondrá a examen y una mejora de las opciones de visualización de la realidad virtual.

## 6. Agradecimientos

A la Xunta de Galicia por haber financiado el proyecto "Sistema de apoio a decisión para montes veciñais en man común (SadMvmc)" (07MRU035291PR) y a la Unión Europea por la financiación del proyecto COST Action FP0804 - Forest Management Decision Support Systems (FORSYS).

## 7. Bibliografía

ACUÑA, S., JURISTO, N., & RECIO B., 1997. Knowledge-based system for generating administrative grant alternatives applying the IDEAL methodology. *Computers and Electronics in Agriculture* 18, 1-28.

AERTSEN, W., KINT, V., VAN ORSHOVEN, J., ÖZKAN, K., & MUYS, B. 2010. Comparison and ranking of different modelling techniques for prediction of site index in Mediterranean mountain forests. *Ecological Modelling* 221 (2010) 1119–1130.

AITKENHEAD, M.J., & AALDERS, I.H. 2009. Predicting land cover using GIS, Bayesian and evolutionary algorithm methods. *Journal of Environmental Management* 90, 236-250.

ASCOUGH II, J.C., MAIER, H.R., RAVALICO, J.K., & STRUDLEY, M.W. 2008. Future research challenges for incorporation of uncertainty in environmental and ecological decision-making. *Ecological modelling* 219, 383–399.

BASKENT, E.Z., WIGHTMAN, R.A., JORDAN, G.A., & ZHAI, Y. 2001. Object-oriented abstraction of contemporary forest management design. *Ecological Modelling* 143, 147–164.

BETTINGER, P., LENNETTE, M., JOHNSON, K.N., & SPIES, T.A., 2005. A hierarchical spatial framework for forest landscape planning. *Ecological Modelling* 182, 25–48.

BONAZOUNTAS, M., KALLIDROMITOU, D., KASSOMENOS, P., & PASSAS, N. 2007. A decision support system for managing forest fire casualties. *Journal of Environmental Management* 84, 412–418.

BORCHERS, J.G., 2005. Accepting uncertainty, assessing risk: Decision quality in managing wildfire, forest resource values, and new technology. *Forest Ecology and Management* 211, 36–46.

BOYLAND, M., NELSON, J., BUNNELL, F.L., & D'EON, R.G. 2006. An application of fuzzy set theory for seral-class constraints in forest planning models. *Forest Ecology and Management* 223, 395–402.

BRYAN, B.A., & CROSSMAN, N.D. 2008. Systematic regional planning for multiple objective natural resource management. *Journal of Environmental Management* 88, 1175–1189.

CARLSSON, M., ANDERSSON, M., DAHLIN, B., & SALLNAS, O. 1998. Spatial patterns of habitat protection in areas with non-industrial private forestry—hypotheses and implications. *Forest Ecology and Management* 107, 203–211.

CHERTOV, O., KOMAROV, A., ANDRIENKO, G., ANDRIENKO, N., & GATALSKY, P. 2002. Integrating forest simulation models and spatial-temporal interactive visualisation for decision making at landscape level. *Ecological Modelling* 148, 47–65.

CROOKSTON, N.L., & DIXON, G.E. 2005. The forest vegetation simulator: A review of its structure, content, and applications. *Computers and Electronics in Agriculture* 49, 60–80.

DIAZ-BALTEIRO, L., & ROMERO, C. 2004. Sustainability of forest management plans: a discrete goal programming approach. *Journal of Environmental Management* 71, 351–359.

DIAZ-BALTEIRO, L., ROMERO, C. 2008. Making forestry decisions with multiple criteria: A review and an assessment. *Forest Ecology and Management* 255, 3222–3241.

DUCEY, M.J., LARSON, B.C. 1999. A fuzzy set approach to the problem of sustainability. *Forest Ecology and Management* 115, 29–40.

DUCHEYNE, E.I., DE WULF, R.R., DE BAETS, B. 2004. Single versus multiple objective genetic algorithms for solving the even-flow forest management problem. *Forest Ecology and Management* 201, 259–273.

FALCÃO, A.O., DOS SANTOS, M.P., BORGES, J.G. 2006. A real-time visualization tool for forest ecosystem management decision support. *Computers and Electronics in Agriculture* 53, 3–12.

FEARMAGA, MONTE INDUSTRIA, CLUSTER DE LA MADERA, FECEG. 2009. Informe de resultado de la industria forestal gallega 2008. <http://monteindustria2.blogspot.com/search/label/informe> 15-03-2011.

GÄRTNER, S., REYNOLDS, K.M., HESSBURG, P.F., HUMMEL, S., & TWERY, M. 2008. Decision support for evaluating landscape departure and prioritizing forest management activities in a changing environment. *Forest Ecology and Management* 256, 1666–1676.

GUSTAFSON, E.J., & RASMUSSEN, L.V. 2002. Assessing the spatial implications of interactions among strategic forest management options using a Windows-based harvest simulator. *Computers and Electronics in Agriculture* 33, 179–196.

GOLDSTEIN, M.I., CORSON, M.S., LACHER JR., T.E., & GRANT, W.E., 2003. Managed forests and migratory bird populations: evaluating spatial configurations through simulation *Ecological Modelling* 162, 155–175.

GRAYMORE, M.L.M., WALLIS, A.M., & RICHARDS, A.J. 2009. An Index of Regional Sustainability: A GIS-based multiple criteria analysis decision support system for progressing sustainability. *Ecological Complexity* 6, 453–462.

HACKETT, C., & VANCLAY, J.K. 1998. Mobilizing expert knowledge of tree growth with the PLANTGRO and INFER systems. *Ecological Modelling* 106, 233–246.

- HEINIMANN, H.R. 2010. A concept in adaptive ecosystem management—An engineering perspective. *Forest Ecology and Management* 259, 848–856.
- HUANG, G.H., SUN, W., NIE, X., QIN, X., & ZHANG, X. 2010. Development of a decision-support system for rural eco-environmental management in Yongxin County, Jiangxi Province, China. *Environmental Modelling & Software* 25, 24–42.
- HUTH, A., DRECHSLER, M., & KÖHLER, P. 2005. Using multicriteria decision analysis and a forest growth model to assess impacts of tree harvesting in Dipterocarp lowland rain forests. *Forest Ecology and Management* 207, 215–232.
- KALOUDIS, S., TOCATLIDOU, A., LORENTZOS, N.A., SIDERIDIS, A.B., & KARTERIS, M. 2005. Assessing Wildfire Destruction Danger: a Decision Support System Incorporating Uncertainty. *Ecological Modelling* 181, 25–38.
- KANGAS, A.S., & KANGAS, J. 2004. Probability, possibility and evidence: approaches to consider risk and uncertainty in forestry decision analysis. *Forest Policy and Economics* 6, 169–188.
- KANGAS, J., & KANGAS, A. 2005. Multiple criteria decision support in forest management—the approach, methods applied, and experiences gained. *Forest Ecology and Management* 207, 133–143.
- KANGAS, J., & LESKINEN, P. 2005. Modelling ecological expertise for forest planning calculations—rationale, examples, and pitfalls. *Journal of Environmental Management* 76, 125–133.
- KANGAS, A., LAUKKANEN, S., & KANGAS, J. 2006. Social choice theory and its applications in sustainable forest management—a review. *Forest Policy and Economics* 9, 77–92.
- KOLSTRÖM, M., & LUMATJÄRVI, J. 1999. Decision support system for studying effect of forest management on species richness in boreal forests. *Ecological Modelling* 119, 43–55.
- KURTTILA, M. 2001. The spatial structure of forests in the optimization calculations of forest planning – a landscape ecological perspective. *Forest Ecology and Management* 142, 129–142.
- KURZ, W.A., DYMOND, C.C., WHITE, T.M., STINSON, G., SHAW, C.H., RAMPLEY, G.J., SMYTH, C., SIMPSON, B.N., NEILSON, E.T., TROFYMOW, J.A., METSARANTA, J., & APPS, M.J. 2009. CBM-CFS3: A model of carbon-dynamics in forestry and land-use change implementing IPCC standards. *Ecological Modelling* 220, 480–504.
- LASCH, P., BADECK, F., SUCKOW, F., LINDNER, M., & MOHR, P. 2005. Model-based analysis of management alternatives at stand and regional level in Brandenburg (Germany). *Forest Ecology and Management*, 207, 59–74.

LESKINEN, P., KANGAS, J., & PASANEN, A.M. 2003. Assessing ecological values with dependent explanatory variables in multi-criteria forest ecosystem management. *Ecological Modelling* 170, 1–12.

LI, H., GARTNER, D.I., MOU, P., & TRETTIN, C.C. 2000. A landscape model (LEEMATH) to evaluate effects of management impacts on timber and wildlife habitat. *Computers and Electronics in Agriculture* 27, 263–292.

LOUW, J., & SCHOLES, M. 2002. Forest site classification and evaluation: a South African perspective. *Forest Ecology and Management*, 171, 153-168.

MACMILLAN, D.C., & MARSHALL, K. 2004. Optimising capercaillie habitat in commercial forestry plantations. *Forest Ecology and Management*, 198, 351–365.

MAREY-PÉREZ, M.F., CRECENTE-MASEDA, R., & RODRÍGUEZ-VICENTE, V. 2006. Using GIS to measure changes in the temporal and spatial dynamics of forestland: experiences from north-west Spain. *Forestry*, 79 409–423.

MAREY-PÉREZ, M.F., & RODRÍGUEZ-VICENTE, V. 2008. Forest transition in Northern Spain: Local responses on large-scale programmes of field-afforestation. *Land Use Policy* 26, 139–156.

MAREY-PÉREZ, M.F., & DÍAZ-VARELA, E.R. 2010. El Sector Forestal. Plan Estratégico de la Provincia de Lugo. Fundación Caixa Galicia y Diputación Provincial de Lugo. I.S.B.N.: 84-8192-664-7.

MARTÍN-FERNÁNDEZ, S., & GARCÍA-ABRIL, A. 2005. Optimisation of spatial allocation of forestry activities within a forest stand. *Computers and Electronics in Agriculture* 49, 159–174.

MARTINS, H., & BORGES, J.G., 2007. Addressing collaborative planning methods and tools in forest management. *Forest Ecology and Management*, 248, 107–118.

MCVICAR, T.R., LI, L., VAN NIEL, T.G., ZHANG, L., LI, R., YANG, Q., ZHANG, X., MU, X., WEN, Z., LIU, W., ZHAO, Y., LIU, Z., & GAO, P. 2007. Developing a decision support tool for China's re-vegetation program: Simulating regional impacts of afforestation on average annual streamflow in the Loess Plateau. *Forest Ecology and Management* 251, 65–81.

MATTHEWS, K.B., SIBBALD, A.R., & CRAW, S. 1999. Implementation of a spatial decision support system for rural land use planning: integrating geographic information system and environmental models with search and optimisation algorithms. *Computers and Electronics in Agriculture* 23, 9–26.

MEITNER, M.J., SHEPPARD, S.R.J., CAVENS, D., GANDY, R., PICARD, P., HARSHAW, H., & HARRISON, D. 2005. The multiple roles of environmental data visualization in evaluating alternative forest management strategies. *Computers and Electronics in Agriculture* 49, 192–205.

MENDOZA, G.A., & PRABHU, R. 2005. Combining participatory modeling and multi-criteria analysis for community-based forest management. *Forest Ecology and Management* 207, 145–156.

MENDOZA, G.A., & MARTINS, H. 2006. Multi-criteria decision analysis in natural resource management: A critical review of methods and new modelling paradigms. *Forest Ecology and Management* 230, 1–22.

METTE, T., ALBRECHT, A., AMMER, C., BIBER, P., KOHNLE, U., & PRETZSCH, H. 2009. Evaluation of the forest growth simulator SILVA on dominant trees in mature mixed Silver fir–Norway spruce stands in South-West Germany. *Ecological Modelling* 220, 1670–1680.

MICKOVSKI, S.B., STOKES, A., & VAN BEEK, L.P.H. 2005. A decision support tool for windthrow hazard assessment and prevention. *Forest Ecology and Management* 216, 64–76.

MOWRER, H.T. 2000. Uncertainty in natural resource decision support systems: sources, interpretation, and importance. *Computers and Electronics in Agriculture* 27, 139–154.

NÆSSET, E., 1997. Geographical information systems in long-term forest management and planning with special reference to preservation of biological diversity: a review. *Forest Ecology and Management* 93, 121-136.

NEWTON, P.F., 2003. Stand density management decision-support program for simulating multiple thinning regimes within black spruce plantations. *Computers and Electronics in Agriculture* 38, 45-53.

NEWTON, P.F., 2009. Development of an integrated decision-support model for density management within jack pine stand-types. *Ecological Modelling* 220, 3301–3324.

NUTE, D., ROSENBERG, G., NATH, S., VERMA, B., RAUSCHER, H.M., TWERY, M.J. & GROVE, M. 2000. Goals and goal orientation in decision support systems for ecosystem management. *Computers and Electronics in Agriculture* 27, 355–375.

NUTE, D., POTTER, W.D., CHENG, Z., DASS, M., GLENDE, A., MAIERV, F., ROUTH, C., UCHIYAMA, H., WANG, J., WITZIG, S., TWERY, M., KNOPP, P., THOMASMA, S., & RAUSCHER, H.M. 2005. A method for integrating multiple components in a decision support system. *Computers and Electronics in Agriculture* 49, 44–59.

OLOFSSON, E., & BLENNOW, K. 2005. Decision support for identifying spruce forest stand edges with high probability of wind damage. *Forest Ecology and Management* 207, 87–98.

PORTÉ, A., & BARTELINK, H.H. 2002. Modelling mixed forest growth: a review of models for forest management. *Ecological Modelling* 150, 141–188.

POTTER, W.D., LIU, S., DENG, X., & RAUSCHER, H.M. 2000. Using DCOM to support interoperability in forest ecosystem management decision support systems. *Computers and Electronics in Agriculture* 27, 335–354.

RAUSCHER, H.M. 1999. Ecosystem management decision support for federal forests in the United States: A review. *Forest Ecology and Management* 114, 173-197.

RAUSCHER, H.M., LLOYD, F.T., LOFTIS, D.L., & TWERY, M.J. 2000. A practical decision-analysis process for forest ecosystem management. *Computers and Electronics in Agriculture* 27, 195–226.

REYNOLDS, K.M., 2005. Integrated decision support for sustainable forest management in the United States: Fact or fiction? *Computers and Electronics in Agriculture* 49, 6–23.

RODRÍGUEZ-VICENTE, V., & MAREY-PÉREZ, M.F. 2010. Analysis of individual private forestry in northern Spain according to economic factors related to management. *Journal of Forest Economics* 16, 269–295.

SALMINEN, H., LEHTONEN, M., & HYNYNEN, J. 2005. Reusing legacy FORTRAN in the MOTTI growth and yield simulator. *Computers and Electronics in Agriculture* 49, 103–113.

SEELY, B., NELSON, J., WELLS, R., PETER, B., MEITNER, M., ANDERSON, A., HARSHAW, H., SHEPPARD, S., BUNNELL, F.L., KIMMINS, H., & HARRISON, D. 2004. The application of a hierarchical, decision-support system to evaluate multi-objective forest management strategies: a case study in northeastern British Columbia, Canada. *Forest Ecology and Management* 199, 283–305.

SHEPPARD, S.R.J., & MEITNER, M. 2005. Using multi-criteria analysis and visualisation for sustainable forest management planning with stakeholder groups. *Forest Ecology and Management* 207, 171–187.

SCHUSTER, E.G., LEEFERS, L.A., & THOMPSON, J.E. 1993. A Guide to Computer-Based Analytical Tools for Implementing National Forest Plans. General Technical Report INT-296. USDA Forest Service, Intermountain Research Station.

SNOW, V.O., & LOVATT, S.J. 2008. A general planner for agro-ecosystem models. *Computers and electronics in agriculture* 60, 201–211.

STIRN, L.Z. 2006. Integrating the fuzzy analytic hierarchy process with dynamic programming approach for determining the optimal forest management decisions. *Ecological Modelling* 194, 296-305.

STORE, R., & JOKIMÄKI, J. 2003. A GIS-based multi-scale approach to habitat suitability modelling. *Ecological Modelling* 169, 1–15.

STRANGE, N., TARP, P., HELLES, F., & BRODIE, J.D. 1999. A four-stage approach to evaluate management alternatives in multiple-use forestry. *Forest Ecology and Management* 124, 79-91.

THOMPSON, W.A., VERTINSKY, I., SCHREIER, H., & BLACKWELL, B.A. 2000. Using forest fire hazard modelling in multiple use. forest management planning. *Forest Ecology and Management* 134, 163-176.

THOMSON,A.J., & WILLOUGHBY, I. 2004. A web-based expert system for advising on herbicide use in Great Britain. *Computers and Electronics in Agriculture* 42, 43–49.

THOMSON, A.J., CALLAN,B.E., & DENNIS, J.J. 2007. A knowledge ecosystem perspective on development of web-based technologies in support of sustainable forestry. *Computers and Electronics in Agriculture* 59, 21–30.

TORRES-ROJO, J.M., & SÁNCHEZ OROIS, S. 2005. A decision support system for optimizing the conversion of rotation forest stands to continuous cover forest stands. *Forest Ecology and Management* 207, 109–120.

TWERY, M.J., RAUSCHER, H.M., BENNETT, D.J., THOMASMA, S.A., STOUT, S.L., PALMER, J.F., HOFFMAN, R.E., DECALESTA, D.S., GUSTAFSON, E., CLEVELAND, H., GROVE, J.M., NUTE, D., KIM, G., & KOLLASCH, R.P. 2000. NED-1: integrated analyses for forest stewardship decisions. *Computers and Electronics in Agriculture* 27, 167–193.

TWERY, M.J., & HORNBECK, J.W. 2001. Incorporating water goals into forest management decisions at a local level. *Forest Ecology and Management* 143, 87-93.

TWERY, M.J., KNOPP, P.D., THOMASMA, S.A., RAUSCHER, H.M., NUTE, D.E., POTTER, W.D., MAIER, F., WANG, J., DASS, M., UCHIYAMA, H., GLENDE,A., & HOFFMAN, R.E. 2005. NED-2: A decision support system for integrated forest ecosystem management. *Computers and Electronics in Agriculture* 49, 24–43.

VACIK, H., & LEXER, M.J. 2001. Application of a spatial decision support system in managing the protection forests of Vienna for sustained yield of water resources. *Forest Ecology and Management* 143, 65-76.

VARMA, V.K., FERGUSON, I., & WILD, I. 2000. Decision support system for the sustainable forest management. *Forest Ecology and Management* 128, 49-55.

WANG, J., CHEN, J., JU., W., & LI, M. 2010. IA-SDSS: A GIS-based land use decision support system with consideration of carbon sequestration- *Environmental Modelling & Software* 25, 539–553.

WOLFSLEHNER, B., VACIK, H., & LEXER, M.J. 2005. Application of the analytic network process in multi-criteria analysis of sustainable forest management. *Forest Ecology and Management* 207, 157–170.

WOLFSLEHNER, B., & VACIK, H. 2008. Evaluating sustainable forest management strategies with the Analytic Network Process in a Pressure-State-Response framework. *Journal of Environmental Management* 88, 1–10.

ZENG, H., PUKKALA, T., & PELTOLA, H. 2007. The use of heuristic optimization in risk management of wind damage in forest planning. *Forest Ecology and Management* 241, 189–199.