TELEDETECCIÓN. Avances y Aplicaciones. VIII Congreso Nacional de Teledetección. Albacete, España, 1999. pp. 96-99.
Editores: Santiago Castaño Fernández y Antonio Quintanilla Rodenas

LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA GESTIÓN FORESTAL

M.A. Sánchez (*).; A.A.Fernández (**) y P. Illera (*)
pilar@latuv.uva.es

(*) Departamento de Física Aplicada 1. E. T. S de Ingenierías Agrarias. Universidad de Valladolid. Avda. Madrid 57, 34071 Palencia.
(**) E.T.S. Ingeniería Agraria. Universidad de León. Campus de Ponferrada. Avda. Ponferrada s/n. 24400 Ponferrada, León.

RESUMEN

La gestión de los recursos forestales requiere la integración de gran número de datos referenciados en el espacio y en el tiempo. Para el manejo y análisis de toda esta información los SIG son en la actualidad una herramienta imprescindible en la toma de decisiones respecto al manejo de los recursos, siendo especialmente interesantes en la valoración de los recursos forestales (inventario, seguimiento y determinación de la idoneidad de localización) y en el manejo de los recursos (análisis, modelización, y predicciones para la toma de decisiones de gestión). En el trabajo se revisan de forma sistemática las aplicaciones forestales de los SIG en España y las desarrolladas internacionalmente, para determinar comparativamente su nivel de utilización actual. A partir de esta revisión se proponen nuevos escenarios y utilizaciones de esta tecnología para el mejorar la administración y gestión de los recursos forestales en nuestro país.

ABSTRACT

The forest management requires a great amount of georreferenced data that describes its present and its future. Nowadays, GIS are an indispensable tool for the decision making about the resources management. Specially, they are interesting in forest resource assessment (:inventory, monitoring and suitability) and in resource management (simulation modelling, analysis and predictions).

In this work national applications as well as international applications of GIS in forestry are reviewed, with he aim of examining the use of this technology at this moment. As a result, new uses and scenarios will be derived that would improve the forest management in this country.

Palabras clave: Sistema de Información Geográfica, SIG, recursos forestales, gestión, bases de datos.

INTRODUCCIÓN

Una de las aplicaciones más importantes de los SIG se encuentra en la gestión de los recursos naturales. Dentro de éstos, los recursos forestales constituyen un ámbito cuya gestión requiere la integración de datos referidos tanto a la realidad presente como a las previsiones futuras y, en algunos casos, las existencias en el pasado. En esta tarea los SIG se manifiestan como una herramienta de trabajo clave, ya que constituyen un sistema único capaz de combinar ambas necesidades

El papel de los SIG comienza a ser importante en la toma de decisiones respecto a diferentes alternativas, en el espacio y el tiempo,. Prueba de ello son las referencias que sobre su utilización y aplicación para distintos proyectos se observan en trabajos y publicaciones actuales.

Este trabajo pretende, mediante la creación de una base de datos amplia sobre los SIG y su relación con el ámbito forestal, revisar las principales aplicaciones de los SIG relacionadas con la gestión forestal. De esta manera se podrá efectuar un análisis sobre su situación actual tanto en el ámbito internacional como nacional.

METODOLOGÍA

Para la realización de ésta revisión se ha englobado el amplio marco del ámbito forestal y la gestión de los recursos naturales renovables en dos niveles de jerarquización: grupos y, dentro de estos: áreas principales. (Tabla 1)

Las fuentes de las que se ha obtenido la información necesaria para la elaboración de esta trabajo han sido varias. Además de la revisión bibliográfica clásica de las referencias publicadas, se han realizado búsquedas en la red INTERNET y en la base de datos TREECD. La palabra clave utilizada como comienzo de la búsqueda en ambas bases fue GIS (*Geographical Information System*).

TREECD se trata de una base de datos cuyo espacio temático lo forman el ámbito forestal y la gestión de los recursos naturales renovables. Contiene referencias a partir del año 1939, con una cobertura geográfica internacional. La primera búsqueda en esta base de datos dio como resultado un total de 480 referencias, cuyo procesamiento se

ha realizado con el *software Reference Manager®*. Se seleccionó un conjunto de las palabras clave estrechamente relacionadas con los grupos y áreas definidos. La revisión posterior de las referencias asociadas a cada una de ellas permite definir el área con el que están más estrechamente relacionadas y realizar una síntesis de las aplicaciones en esa área.

Las referencias bibliográficas clásicas se han obtenido en su mayor parte de publicaciones especializadas relacionadas con los SIG, con el ámbito forestal y con los recursos naturales renovables en general, tanto nacionales como internacionales.

Son muy numerosas las páginas y conexiones en INTERNET relacionadas con los SIG: universidades y organismos relacionados con la educación, organismos e instituciones de investigación, empresas de *software* y productos comerciales, revistas e información sobre bibliografía en general. Una búsqueda convencional proporciona un elevado número de referencias relacionadas con los SIG. Temas concretos como aplicaciones o ejemplos de utilización; requieren una búsqueda más selectiva y cuidadosa.

Con todas las referencias se ha organizado una amplia base de datos sobre las aplicaciones forestales de los SIG. La revisión de este amplio número de referencias permite elaborar un análisis de la situación de utilización de los SIG según los grupos y áreas definidos

RESULTADOS Y ANÁLISIS

El análisis se ha efectuado según los grupos establecidos, destacando dentro de cada uno, los ámbitos en los cuales se han detectado un mayor número de aplicaciones. Las áreas temáticas que cuentan con un mayor número de referencias asociadas a su ámbito son:

1º Inventariación de los Recursos Naturales Renovables.

2º Ordenación Territorial

3º Ordenación y Gestión de los Recursos Naturales Renovables.

4º Aprovechamientos Forestales

5º Gestión Paisajística

6º Fauna Terrestre

Se han obtenido referencias de todos los grupos temáticos. Tan solo para una de las áreas: Fauna dulceacuícola no se han encontrado referencias directas.

Según los grupos definidos se obtienen las siguientes aplicaciones principales:

1. Recursos forestales:

INVENTARIACIÓN DE LOS RECURSOS FORESTALES**:** mayoritariamente se hace referencia a procesos de cartografía temática de vegetación: definición de la composición de especies, clasificación y distribución. La utilización, primeramente, de imágenes de satélite (LANSAT TEMATIC MAPPER, NOAA AVHRR) y la confrontación después con fotografía aérea de los resultados, es el proceso más utilizado. Los sistemas de información geográfica reseñados han sido MAPPINFO, ILWIS Y GRASS.

Dentro de la inventariación, destaca la utilización de los SIG como herramienta de presentación de los resultados obtenidos con otros sistemas y análisis: modelos de crecimiento, análisis estadístico...

ORDENACIÓN Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS FORESTALES**:** la realización de modelos que permitan simular el comportamiento de ecosistemas enteros es una de sus principales aplicaciones. La integración de datos de diversa índole (climáticos, topográficos, hidrológicos) referidos a un mismo lugar geográfico, hace posible la realización de modelos de simulación y respuesta a determinados sucesos. Destaca su gran difusión en la ordenación de los recursos de Parques Naturales, donde la gestión de múltiples recursos y usos es una tarea de especial relevancia. Los SIG utilizados en estas tareas han sido: ARC/INFO, GRASS, TERRASOFT, así como los sistemas ERDAS, BRAVO, AVIRIS, e imágenes del satélite LANDSAT.

APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS FORESTALES: las principales utilizaciones registradas hacen referencia a la localización, diseño y ubicación de las vías forestales para la extracción de madera, la localización de zonas productivas y la planificación de los aprovechamientos. Destacan los SIG creados por grandes empresas forestales para la gestión y aprovechamiento de sus bosques. La determinación de las áreas susceptibles de ser pastadas, o los cambios en las existencias de carbón, son otras de las aplicaciones reflejadas. Las imágenes de satélite (SPOT) así como la fotografía aérea son las bases para la adquisición de los datos espaciales

RESTAURACIÓN DE LOS SISTEMAS FORESTALES: principalmente su utilización destaca en la localización y estimación del grado de deforestación y sus efectos en los ecosistemas forestales, principalmente en aquellos más aislados. La simulación de situaciones de riesgo y sus efectos para determinar las medidas de restauración es otro de los aspectos trabajados con SIG. La utilización de

imágenes de satélite y fotografía aérea son las principales fuentes de información.

2. Defensa del bosque:

INCENDIOS FORESTALES: la utilización de SIG en relación con los incendios forestales tiene aplicaciones en varios aspectos como la prevención, la detección y el control y seguimiento de la evolución. La información proporcionada por el satélite LANDSAT es la principal fuente de información espacial para esta área. Uno de los SIG utilizados particularmente para estos estudios es el PROMAPGIS, en la cartografía de áreas antes y después de incendios.

PLAGAS FORESTALES: en esta área pueden señalarse como aplicaciones principales la determinación de zonas de riesgo, el seguimiento del comportamiento y evolución de plagas, y el diseño de redes de trampas y puntos de control. La fotografía aérea cuenta aquí con una especial relevancia en cuanto a la adquisición de datos. Se complementa con las imágenes de satélite y su análisis posterior con SIG, entre los que destaca la utilización de ARC/INFO.

IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL: se han constatado aplicaciones en la estimación de emisiones de CO_2 y sus efectos en la vegetación. La contaminación de aguas y sus consecuencias en la vegetación de ribera es otra de las áreas en la que la aplicación de los SIG posibilita un estudio y seguimiento óptimo.

3. Medio Ambiente y Ordenación del Territorio

ORDENACIÓN TERRITORIAL: los principales usos de los SIG en este ámbito están relacionados con la gestión de áreas que han sufrido un cambio de uso del suelo (:agrícola a forestal, forestal a agrícola, agrícola a urbano), los espacios susceptibles de usos múltiples: recreativo, productivo, cinegético, extractivo; y el estudio de la organización espacial. Entre los SIG empleados destacan: MAGIS, ARC/INFO, IDRISI, ERDAS e ILWIS. Las imágenes de satélite constituyen el elemento básico que proporciona la información si se trata de la ordenación territorial de grandes espacios.

ORDENACIÓN Y GESTIÓN PAISAJÍSTICA: la caracterización de los diversos tipos, así como la cuantificación de las pautas y patrones del paisaje, son aspectos relevantes en cuanto a la utilización de SIG en esta área. La simulación y el estudio de los cambios escénicos e históricos la valoración de la dinámica del paisaje y la conectividad de los hábitats aparecen reflejados como temas en los que los SIG constituyen una valiosa herramienta. Las imágenes de satélite, complementadas con fotografía aérea son las fuentes de datos más usuales.

GESTIÓN AMBIENTAL: dentro de este ámbito la utilización de los SIG en las decisiones de política forestal y la gestión de cambios a corto plazo son algunas de las aplicaciones observadas. Destacan entre los proyectos efectuados la realización de políticas ambientales basándose en los datos proporcionados por el Proyecto CORINE (escala 1: 100 000) y el SIG ARC/INFO, realizando cartografía temática de diferentes aspectos que permita tomar medidas realistas en cuanto a la gestión ambiental.

4. Fauna terrestre y dulceacuícola:

FAUNA TERRESTRE: se han recogido numerosos ejemplos de aplicaciones de los SIG a la gestión de especies concretas: corzo, oso, alce y perdiz blanca, entre otras Destaca la aplicación en España para la realización de un Sistema de Gestión Cinegética en Navarra, con objeto de determinar el potencial cinegético de esta provincia. Se recogen también aplicaciones de SIG en el manejo de los hábitats de fauna silvestre, en la valoración de los cambios a los que están expuesto y en la realización de índices de abundancia y censos. Para este ámbito la utilización preferente es la de SIG vectoriales (ARC/INFO) dada su mayor resolución y definición, al tratarse de una escala de trabajo mayor.

CONCLUSIONES

El primero de los resultados que se desprende es la constatación de la novedad que supone el uso de los SIG en el campo forestal, tal y como indican los años de publicación de las referencias, donde apenas algunas escapan a esta década, incluyéndose la mayor parte en los últimos tres años. No obstante, hay que destacar su aplicación a prácticamente todos los ámbitos forestales, lo que da muestras de su amplio rango de utilidades.

La utilización de los SIG está estrechamente ligada al campo de la teledetección, apareciendo como herramientas de manejo de los datos obtenidos por los sensores remotos. Las fuentes de obtención de datos espaciales de los recursos naturales, para su integración en los SIG son en primer lugar los sensores remotos: LANDSAT TM, NOAA-AVHRR. En segundo lugar

aparecen los sensores aerotransportados: AVIRIS; y posteriormente la fotografía aérea, que en muchos casos se utiliza como corroboración de los datos obtenidos por las dos primeras fuentes citadas.

Dentro del ámbito internacional las principales aplicaciones están ligadas a grandes espacios, en los que los SIG juegan un importante papel como integradores de gran variedad de datos y grandes volúmenes de información, propios de la gestión de un complejo campo como son los recursos naturales renovables. El diagnóstico de la composición de los mismos mediante la realización de inventarios aparece como principal aplicación. La ordenación territorial constituye otro de los campos en los que los SIG han tenido mayor repercusión, quizá consecuencia del manejo de grandes volúmenes de información.

La ordenación y gestión de los recursos que aparece como una de las áreas principales, es uno de los campos con mayores posibilidades de manejo de SIG, consecuencia de su carácter integrador, y en el que derivan las iniciales aplicaciones de diagnóstico y composición.

En relación al panorama español la utilización de los SIG en aplicaciones llevadas a cabo, no sólo estudios y trabajos previos, como herramientas reales de gestión tiene tres exponentes importantes: el Sistema de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Duero, el Sistema de Información Ambiental de Andalucía y el Sistema de Información Territorial y Ambiental de Navarra. Dentro de este último cabe resaltar su utilización para la ordenación cinegética, ámbito en el que los SIG tienen un importante papel en un futuro próximo. Destacan también como aplicaciones efectuadas las relacionadas con los incendios forestales, en estrecha colaboración con los sistemas de teledetección.

Los estudios y trabajos recabados tienen en su mayoría como objeto de estudio el territorio: ocupación, cambios dinámicos, estimación de impacto de actuaciones futuras. En este sentido su aplicación depende sustancialmente de la disposición de datos precisos a la escala de trabajo necesaria. Esta constituye una de las mayores dificultades con la que se encuentra la utilización de los SIG a escalas grandes, salvando el desconocimiento y la inicial complejidad de manipulación.

La familiaridad no sólo de investigadores y docentes, pioneros en la utilización de los SIG en el manejo de los recursos forestales, sino de los gestores y administradores de estos recursos, con estas herramientas, quizá sea el paso más importante y necesario para su implantación. Igualmente, hay que señalar la importancia de la formación en el manejo de estos sistemas, aspecto muchas veces relegado y muchas otras "solventado" con la adquisición de mejores y más potentes equipos, olvidando que el usuario forma parte del propio sistema de información, y a quién corresponde optimizar al máximo las prestaciones de los sistemas de información geográfica.

BIBLIOGRAFÍA

La realización de un trabajo de estas características implica la utilización de una extensa bibliografía, imposible de recoger aquí.

La bibliografía completa empleada así como las búsquedas en la base TREECD y la Red INTERNET se encuentran recogidas en su totalidad en el trabajo *"Utilización y aplicaciones prácticas del SIG ARC/INFO a la gestión forestal". Sánchez Guisández, M.A.* Trabajo Fin de Carrera Ingeniero de Montes, septiembre 1998. E.T.S. de Ingenierías Agrarias de Palencia. Universidad de Valladolid.

1. RECURSOS FORESTALES
Creación de sistemas forestales
Erosión
Restauración de sistemas forestales
Inventariación
Ordenación y Gestión
Aprovechamientos forestales
Sistemas agrosilvoculturales
2. DEFENSA DEL BOSQUE
Incendios forestales
Prevención y diseño de infraestructuras
Detección incendios forestales
Control y seguimiento
Evaluación de daños
Plagas y enfermedes
Control y seguimiento
Evaluación de daños
Impacto contaminación ambiental
3. MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO
Gestión Ambiental. Evaluación de Impacto Ambiental
Espacios Naturales protegidos
Gestión paisajística
Ordenación Territorial
4. FAUNA TERRESTRE Y DULCEACUÍCOLA
Fauna terrestre
Especies cinegéticas
Fauna dulceacuícola

Tabla 1: Jerarquización establecida del ámbito forestal.