

EL SISTEMA DE INFORMACIÓN FORESTAL PARA SEGUIMIENTO Y GESTIÓN DE LAS MASAS DE *PINUS RADIATA* D. DON EN LA COMARCA DE EL BIERZO (LEÓN)

J.R. Rodríguez Pérez, M.F. Álvarez Taboada, J. Ramírez Cisneros, J.M. San Román Rodríguez y E. Morán Álvarez

Grupo de Investigación de Ingeniería y Planificación Rural (IPR). E.S.T. de Ingeniería Agraria. Universidad de León. Avda. de Astorga s/n. 24400-PONFERRADA (León, España). Correo electrónico: jose.ramon@unileon.es

Resumen

En esta comunicación se describe el Sistema de Información Geográfica que sirve como soporte para la caracterización, seguimiento y gestión de las repoblaciones de *P. radiata* localizadas en El Bierzo. La base del sistema es una red de 45 parcelas permanentes de las que se ha realizado una caracterización dasométrica detallada. A esta información se le ha asociado otra información cartográfica (ortofotografías y mapas temáticos). El objetivo del Sistema de Información Forestal (SIF) es permitir la integración de esta información cartográfica y la proveniente de las parcelas, de tal manera que sirva como soporte para los modelos locales (tablas, calidad de estación y competencia) que se han desarrollado. Uno de los primeros resultados ha sido la obtención de un modelo cartográfico con las zonas potencialmente más aptas para la repoblación con pino radiata. La conclusión del trabajo es que el SIF facilita la fusión y la actualización de los datos recogidos en las parcelas con cartografía temática, obteniendo modelos para la caracterización de la especie en la comarca.

Palabras clave: *Pino radiata*, Sistema de Información Geográfica, Red de parcelas, Geoinformación forestal

INTRODUCCIÓN

La especie *Pinus radiata* es una de las coníferas más plantadas del mundo debido a sus buenos crecimientos en climas templados húmedos y a su relativa adaptabilidad a diferentes medios. En España se ha propagado fundamentalmente por la cornisa Cantábrica, aunque se introdujo en otros lugares, como algunas zonas concretas de Castilla y León.

En esta comunidad autónoma el centro de aprovechamiento de *Pinus radiata* está situado en la comarca del Bierzo (donde las masas superan las 15.000 ha de extensión), donde es la

especie más importante en producción maderera, si bien existe otro enclave importante en el valle de Mena (Burgos), con más de 1.500 ha.

Ante esta situación se ha planteado un estudio riguroso sobre la especie cuyo objetivo principal es poner a disposición de los propietarios y los empresarios del sector herramientas básicas para conocer de una forma más precisa el volumen de las masas, identificar calidades de estación, etc., y en definitiva mejorar la gestión.

En este trabajo se describe como se ha implementado un Sistema de Información Geográfica (SIG) aplicado al proyecto de seguimiento de pino radiata en El Bierzo. Por tanto se

trata de combinar los datos de inventario forestal, medio físico, etc., y crear un SIF mediante herramientas de Geoinformación.

El concepto de Geoinformación se refiere a la información sobre el mundo real desglosado en un componente geométrico y otro descriptivo. El primer componente se refiere a la localización espacial (X, Y, Z), a la forma geométrica y tamaño de los objetos, así como a las relaciones espaciales entre objetos. El componente descriptivo considera las características temáticas o descriptivas de los objetos.

Las técnicas de Geoinformación permiten el procesado completo de los datos, de la información: la adquisición, el análisis integrado y la modelización. Para la adquisición de la información se emplean fundamentalmente la Teledetección y los Sistemas de Posicionamiento Global (como GPS). La teledetección puede definirse como una ciencia que comprende detección, identificación, clasificación y análisis de objetos y fenómenos sobre la superficie terrestre mediante sensores remotos (QUINTANO et al., 2004). El sistema GPS permite la localización de la posición de un punto sobre la superficie terrestre mediante señales de satélite que orbitan al rededor de la tierra.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas con capacidad de análisis para el manejo de información espacial. Están compuestas por un conjunto de software, hardware y procedimientos (algoritmos informáticos) que permiten el procesamiento de datos espaciales para la resolución de problemas complejos (ÁLVAREZ Y RODRÍGUEZ, 2003).

Finalmente la modelización se puede realizar mediante los MDT (Modelos Digitales del Terreno). Estos son la representación estadística del terreno o de cualquier otra variable o fenómeno con continuidad espacial, en forma de números digitales, por medio de un conjunto de coordenadas X Y Z respecto a un sistema de georreferenciación conocido (FELICÍSIMO, 1994).

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN FORESTAL

Como se ha mencionado, esta investigación se integra dentro de un amplio proyecto sobre el estudio de *Pinus radiata* en El Bierzo del que se

derivarán curvas de calidad, tarifas de cubicación, estimaciones de calidad de estación a partir de índices de sitio (IS), estudios de la influencia de la competencia, etc. El Sistema de Información Forestal pretende lograr los siguientes objetivos: facilitar la definición de una red de parcelas permanentes para la caracterización y seguimiento de las masas de pino radiata en la comarca de estudio; permitir la integración de la información cartográfica y la proveniente de las parcelas, de tal manera que el SIF sirva como soporte para los modelos locales (tablas de producción, calidad de estación y competencia) que faciliten la gestión de las repoblaciones de radiata; elaborar una cartografía actualizada de las masas de la especie en el Bierzo y realizar un estudio de las principales variables del medio físico que inciden en la producción a partir de modelos cartográficos; dotar de información para la caracterización y seguimiento de las masas de radiata mediante imágenes de satélite; estudiar la evolución histórica de esta especie en la región y formular un modelo de desarrollo rural basado en los recursos forestales.

La consecución de estos objetivos precederán a otros más ambiciosos para la generación de modelos de crecimiento dinámico, predicciones de extensión de la especie, evaluación de políticas de reforestación, etc.

Para la elaboración del SIF se ha contado con cartografía vectorial y ortofotografías en formato digital (Tabla 1), que ha servido como base para la elaboración de la base de datos gráfica sobre la cual se referencia la información temática. Esta cartografía base ha sido cedida por el Servicio de Planificación e Información Geográfica (Dirección General de Desarrollo Rural. Consejería de Agricultura y Ganadería), por el Servicio de Ordenación de Ecosistemas Forestales (Dirección General del Medio Natural. Consejería de Medio Ambiente) y por el Centro de Información Territorial (Dirección General de Vivienda, Urbanismo y Ordenación del Territorio. Consejería de Fomento) de la Junta de Castilla y León.

Sobre esta información se ha georreferenciado el resto de información sobre el medio físico facilitada por el Consejo Regulador de la Denominación de Origen Bierzo: información edafológica y cartografía geológica. También se

Características	Cartografía vectorial	Ortofotografías
Fecha del vuelo fotogramétrico	Septiembre y octubre de 2000	Septiembre y octubre de 2000
Escala del vuelo	1:33000	1:33000
Superficie por mapa/foto	3187 - 3184 ha	3187 - 3184 ha
Sistema de Referencia	ED-50. Elipsoide Internacional de Hayford 1924	ED-50. Elipsoide Internacional de Hayford 1924
Sistema Geodésico de Referencia	RE 50	RE 50
Sistema cartográfico de Representación	UTM. Huso: 30. Zona: T	UTM. Huso: 30. Zona: T
Malla para generación MDT	40 m	40 m
Resolución espacial	Escala 1:10000	Píxel de 0,7 m

Tabla 1. Características de la cartografía base del SIF

ha contado con otra cartografía complementaria (usos del suelo, hidrografía, vías de comunicación, etc.) y un Modelo Digital de Terreno (malla de 25x25 m).

La metodología de trabajo está condicionada por el proceso general de elaboración de una base de datos georreferenciada (Figura 1). En primer lugar se realiza la modelización conceptual del SIF considerando como factores determinantes la integración de información gráfica y temática, la facilidad de actualización de los datos y la incorporación de nueva información gráfica y temática al sistema.

La fase siguiente consiste en la entrada de los datos al sistema. Se debe introducir la cartografía y los datos procedentes de las parcelas de

inventario. En esta etapa es imprescindible localizar correctamente las parcelas permanentes en la cartografía base (las coordenadas se han tomado mediante un receptor GPS).

Una vez introducida la información se deben verificar las relaciones topológicas entre los elementos gráficos, la coherencia de los datos alfanuméricos y asegurar la unión entre ambos tipos de información.

La realización de análisis con los datos del sistema permitirán obtener los objetivos planteados así como determinar las posibles mejoras a introducir durante la fase de explotación. Por tanto la realimentación del sistema es continuada y el correcto funcionamiento requiere la actualización periódica.

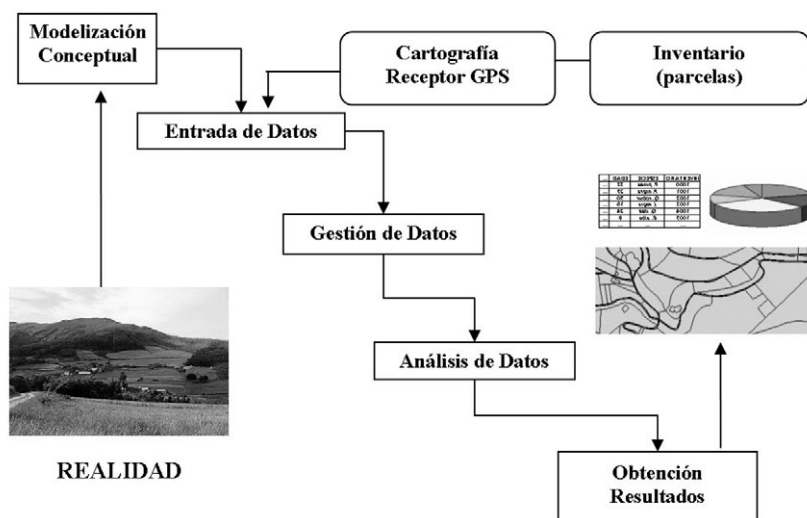


Figura 1. Implementación del Sistema de Información Forestal

La implementación del SIF para el pino radiata se ha basado en la cartografía vectorial escala 1:10.000 complementada con las ortofotografías. A partir de esta información gráfica se ha definido la red de parcelas permanentes e introducido los datos tomados durante la campaña de campo de verano del 2003.

A partir de esta información se ha elaborado un modelo basado en el método del intercepto de crecimiento y en el IS en las masas de cada parcela. Asimismo se han realizado estudios de competencia intraespecífica sobre el crecimiento en sección de árboles individuales (datos de 17 parcelas), a partir de los datos de inventario y un levantamiento topográfico con estación total, para determinar con precisión la posición de cada árbol.

Asimismo se ha obtenido un modelo cartográfico con la localización de las zonas más aptas para la implantación de esta conífera y otro mapa con las calidades de estación. Las calidades del modelo se han comparado con los IS obtenidos a partir del inventario de campo y se ha comprobado que existe una correspondencia entre los mejores IS y zonas identificadas en el modelo como de mayor calidad de estación.

ESTABLECIMIENTO DE LA RED DE PARCELAS PERMANENTES

En el estudio global se plantea realizar parcelas permanentes en el Bierzo y en el Valle de Mena (Burgos). Actualmente se han establecido las 45 parcelas de El Bierzo siguiendo los criterios especificados a continuación.

En la realización del inventario de las masas se utilizará una metodología basada en un inventario único, sin embargo se han instalado las parcelas permanentes para realizar mediciones periódicas, a partir de las cuales se pueden construir modelos dinámicos de crecimiento, comprobar estimaciones de madera mediante imágenes de satélite, etc.

Para la selección de parcelas se realizó un estudio previo consultando el SIF con objeto de conseguir una muestra representativa de edades, densidades y calidades de estación de las masas presentes en las dos zonas de estudio. Para este estudio preliminar se utilizaron las ortofotogra-

fías, los planos fisiográficos y la delimitación de las masas de radiata.

Una vez determinada la masa en la que llevar a cabo la instalación, la situación concreta de la parcela dentro del rodal se basó en los siguientes aspectos:

- i. elegir una zona con arbolado homogéneo en cuanto a edad y calidad de estación
- ii. pies repartidos regularmente en una superficie de un tamaño adecuado
- iii. rodal fuera puro (o con una presencia mínima de pies de otras especies)
- iv. parcela suficientemente alejada de zonas abiertas (evitar efecto borde)
- v. que en la zona no se hubieran realizado tratamientos selvícolas de claras o clareos en los últimos tres años (área basimétrica de la masa se corresponde con la densidad observada).

Para la instalación y medición se siguió la metodología expuesta por MADRIGAL et al. (1992), que siguen las pautas establecidas por la comisión forestal británica (HUMMEL et al., 1959).

En el registro de cada parcela se ha introducido en la base de datos información que proviene del inventario diamétrico de todos los árboles numerados, de la muestra aleatoria de alturas de 30 árboles (estimar la altura media de la masa y la muestra correspondiente a los árboles dominantes) y del espesor de la corteza de estos 30 árboles. Además también se recoge información sobre los datos de la zona (localización geográfica y administrativa, posición topográfica, altitud, pendiente y orientación) así como otras características de la masa, como tipo de preparación del terreno, marco de plantación, trabajos selvícolas, etc. Para la elaboración de funciones que estimen la calidad de la estación y tarifas de cubicación de árbol individual se aparearon árboles siguiendo la metodología expuesta por MADRIGAL et al. (1992).

CONCLUSIONES

El Sistema de Información Forestal para *Pinus radiata* en El Bierzo presenta tres funcionalidades bien definidas. En primer lugar ha servido de soporte para el diseño de la red de parcelas permanentes de tal manera que estas recogen toda la variabilidad existente en las masas

de pino radiata (edades, calidades de estación, posiciones fisiográficas, etc.). Además permite un mejor análisis de los datos recogidos en las parcelas permanentes y su relación con otro tipo de variables. Así, a partir del sistema se ha generado un modelo de aptitud para la plantación de pino radiata en la comarca de El Bierzo.

Por otro lado el SIF sirve de complemento gráfico a los modelos de competencia, estimación de curvas de calidad y tarifas, calidad de estación, etc., que facilita la presentación de resultados y la comunicación con los sectores implicados en la explotación de la madera.

Como las parcelas están georreferenciadas y sus inventarios bien estructurados en la base de datos, éstas se replantean sin dificultad y la actualización o revisión se realiza con gran agilidad.

De los resultados de este trabajo se desprende que el SIF será de gran ayuda en las labores de planificación. Un método basado en los SIG presenta la ventaja de que las tareas de planificación pueden resolverse de forma más rápida y más flexible, generando numerosas soluciones, que permiten al técnico centrar sus esfuerzos en determinar cuál es la óptima.

En la actualidad se está trabajando en dos nuevas líneas de explotación del sistema: conocimiento de las relaciones clima-suelo en la pro-

ducción del pino radiata y en la estimación de variables de producción derivadas de imágenes de satélite.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, M.F. Y RODRÍGUEZ, J.R.; 2003. *Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a la Ingeniería Agroforestal*. Carrera y Marqués C.B. Ponferrada.
- FELICÍSIMO, A.M.; 1994. *Modelos digitales del terreno: principios y aplicaciones en las ciencias ambientales*. Pentalfa Ediciones. Oviedo.
- HUMMEL, F.C.; LOCKE, G.M.; JEFFERS, J.N. & J.M., CHRISTIE; 1959. Code of sample plot procedure. *For. Com. Bull.* 31: 1-114.
- MADRIGAL, A.; PUERTAS, F. Y F.J. MARTÍNEZ-MILLÁN; 1992. *Tablas de producción para Fagus sylvatica L. en Navarra*, Serie Agraria, 3, Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes. Gobierno de Navarra. Pamplona.
- QUINTANO, C.; RODRÍGUEZ, J.R.; MANSO, A.; RAMÍREZ, J. Y ÁLVAREZ, M.F.; 2004. *Aplicaciones de la Teledetección a la Ingeniería Agroforestal*. Carrera y Marqués C.B. Ponferrada. León.