

# OPTIMIZACIÓN DE LA EJECUCIÓN Y EXPLOTACIÓN DE INVENTARIOS FORESTALES MEDIANTE EL EMPLEO DE HERRAMIENTAS SIG Y GPS

O. Fernández-Manso<sup>1</sup>, J. Ramírez Cisneros<sup>2</sup>, J. Blanco Martínez<sup>1</sup>, J. Núñez Llamas<sup>1</sup>, J. Calvete Carrera<sup>1</sup> y J. J. Serrano Pérez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>TECNOSYLVA, SL. CEEI (Centro Europeo de Empresas e Innovación). Polígono Onzonilla. 24231-LEÓN (España). Correo electrónico: omano@tecnosylva.com; Web: www.tecnosylva.com

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Agroforestal. ETSI Agraria. Universidad de León. Campus del Bierzo. Carretera de Astorga s/n. 24400-PONFERRADA (León, España).

## Resumen

En el trabajo se muestra una metodología utilizando las nuevas tecnologías (GPS, SIG,...), la cual da una mayor precisión y rapidez durante la toma de datos que los métodos tradicionales, así como permitir su fácil integración dentro del proceso de datos. Se presenta también una utilidad diseñada para la consulta y visualización de los parámetros tomados en campo o calculados en gabinete de los montes inventariados.

Palabras clave: *Sistemas de Información Geográfica, Navegador, DASOVIEW®*

## INTRODUCCIÓN

Toda actuación racional sobre un determinado recurso requiere tener previamente un conocimiento lo más completo posible de su estructura y composición, el cual puede conseguirse a través de la realización de un inventario.

Para ello, en el ámbito del recurso forestal bosque, se ha venido realizando lo que se denomina el inventario forestal, entendiéndolo como la acumulación de información actual perteneciente a los recursos forestales en un específico momento temporal y el procesado de la citada información de acuerdo con unos objetivos (AKÇA, 2000).

En la toma de decisiones en la gestión y planificación, es necesario tener datos actualizados y fiables de los citados recursos, pero obtenidos a bajo coste en términos de tiempo y dinero.

En el momento presente, los trabajos de inventario forestal se están viendo favorecidos

con el desarrollo de nuevos equipos y herramientas de análisis que están suponiendo una mejora importante en lo que respecta a costes, fiabilidad y explotación de los resultados obtenidos.

Los objetivos que persiguen son, por una parte, los relacionados con la implementación de los nuevos aparatos de medición dentro de la fase de toma de datos en campo y, por otra, el desarrollo de una metodología que permita integración y explotación de dichos datos de una manera fácil y fiable dentro de un SIG (Sistema de Información Geográfica).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Aunque son variadas las razones por las que se realiza un inventario forestal, existe una unidad en relación con sus objetivos finales en cuanto a planificación y ejecución. De este modo la

información necesaria para el inventario puede variar desde un nivel nacional a niveles más detallados, pero la intención de todos es proporcionar conocimiento acerca de los recursos forestales. Para utilizar y gestionar un recurso forestal es necesario el conocimiento a cualquier escala de la localización de las tipos de superficies (arboladas, desarboladas, etc), estimación de la cantidad, calidad y disponibilidad de los recursos (madera, leña, resina, fruto, etc), crecimiento y producción. Esta información puede proporcionarla un inventario forestal (HUSCH, 2001).

Los inventarios forestales demandan una cantidad considerable de recursos (mano de obra, tecnología, energía, transporte, etc.) que pueden ser costosos (PÁIVINEN Y SOLBERG, 1996). Por ello necesitan ser cuidadosamente planificados con el fin de optimizar todos los procesos que sean llevados a cabo.

El presente trabajo se centrará en la descripción de metodologías relacionadas con las etapas E7 y E9 (Figura 2).

**Toma de datos**

La toma de datos en campo ha mejorado como consecuencia de la disponibilidad de nueva tecnología (Figura 3), tal es el caso de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) (1), forcépulas digitales con computadora incorporada (2), hipsómetros/distanciómetros por ultrasonidos (3). Esta mejora viene dada en un ahorro desde el punto de vista temporal, económico y de precisión.

Los SIG y GPS suponen una revolución en muchos aspectos de nuestra sociedad. Esto es especialmente cierto en aquellos trabajos que poseen un gran volumen de información, como es el caso de los inventarios forestales.

Por esto se presentan algunas de las posibilidades que presentan los GPS navegadores (precisión 5-10 m) y SIG para la ejecución y análisis de los inventarios forestales .

La presente metodología se ha empleado en varios inventarios forestales, recorriendo con ellos lugares de orografía variada (llanos, rugos y montañosos). En dichos inventarios también se realizaron parcelas de muestreo utilizando para ello herramientas manuales (brújula, forcépula e hipsómetro manual) con el objetivo de poder hacer una comparación desde el punto de vista del tiempo empleado en las fases de replanteo y apeo de los puntos de muestreo. Previo a la realización de las parcelas se llevó a cabo una estratificación de las zonas de inventario mediante el empleo de ortofotografías a color de la zona (E: 1/5000). En inventarios a gran escala se utilizarían técnicas de teledetección como herramienta para la extracción de datos.

Las distancias entre puntos de muestreo oscilaron entre los 100 y 200 m, y los radios de las parcelas entre los 9 y los 14 m. En los inventarios con orografía llana se tomó un radio de parcela de 14 m con el fin de que por lo menos se midieran 15 pies, ya que las densidades en los tipos de masa medidos oscilaban entorno a los 100-120 pies/ha.

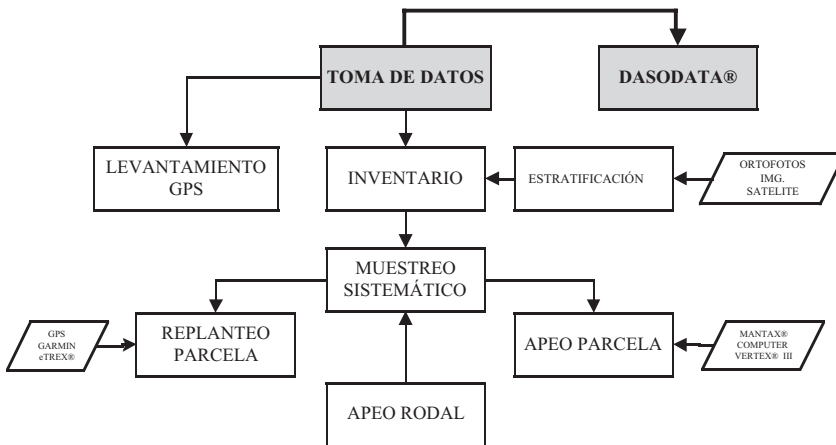


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de toma de datos

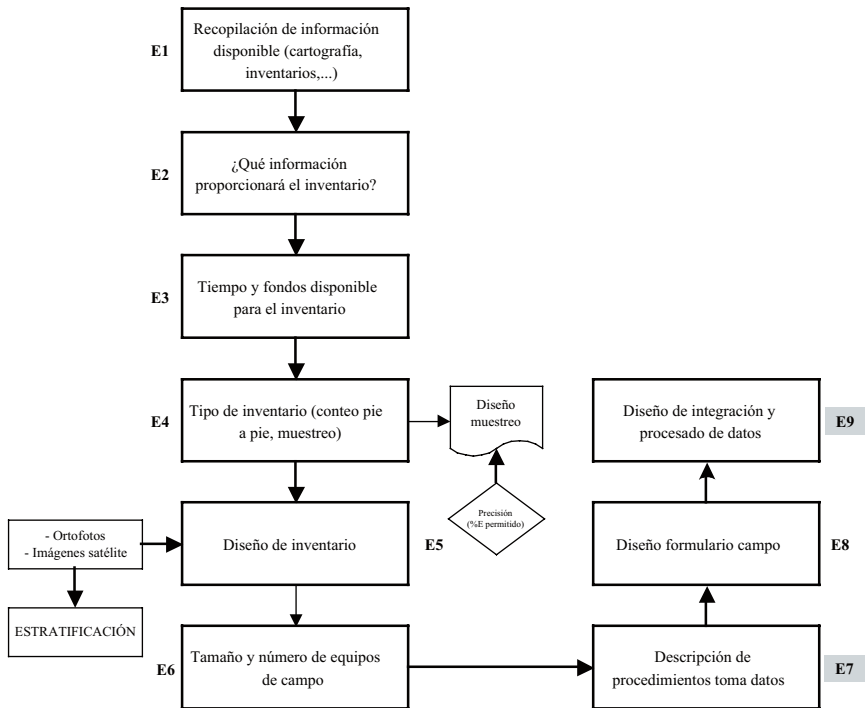


Figura 2. Representación esquemática de las etapas a seguir en la planificación IF

**Proceso de datos y explotación**

La aplicación informática DASODATA® permite la descarga e integración de los datos almacenados en los instrumentos de medida en campo, siendo el DASOVIEW® el encargado de la visualización, consulta y entrada de datos a modo de un Sistema de Información Geográfica.

En la explotación de los datos tomados durante la fase de inventario se ha desarrollado una aplicación informática a medida (DASOVIEW®), elaborada con librerías SIG, que permiten una gran variedad y flexibilidad de representaciones cartográficas y de consulta de los

distintos parámetros de interés en la planificación de los tratamientos y trabajos realizables en el medio forestal (Figura 4).

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las metodologías de trabajo descritas en el apartado anterior.

En lo que hace referencia a la comparación de la metodología propuesta para el replanteo de los puntos de muestreo mediante la utilización

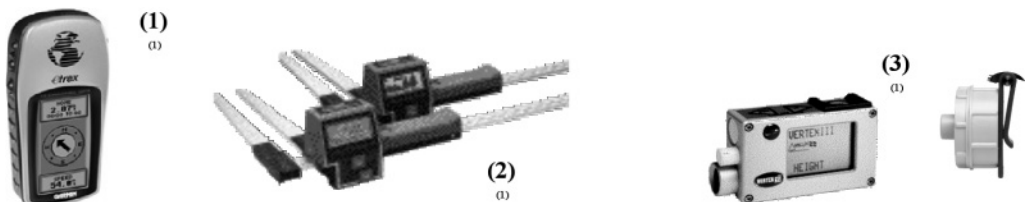


Figura 3. Instrumentos utilizados en la toma de datos

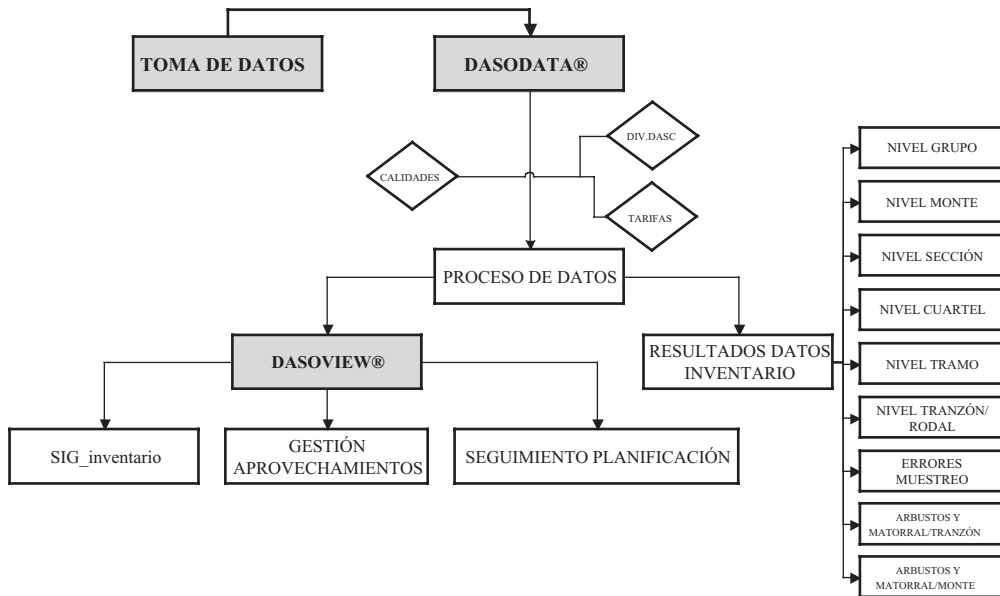


Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de datos

de GPS respecto al método que utiliza instrumentos manuales (brújula, hipsómetro y cuerda), se ha observado que el GPS permite una fácil y más rápida localización de las parcelas. Además, dichas localizaciones son independientes entre sí, por lo que no se arrastra el error inherente del posicionamiento respecto del resto de parcelas que se arrastran en el método manual. Permite rodear obstáculos fácilmente e incluso llegar a la parcela desde cualquier punto, sin que para ello sea necesario un punto de anclaje (Tabla 1).

La tabla 2 muestra la mayor eficacia y menor tiempo empleado en el apeo de las parcelas empleando herramientas digitales.

Los GPS son una herramienta que está siendo usada habitualmente en algunos países y organizaciones. Desde la supresión de la disponibilidad selectiva en el año 2000 en la señal emitida por los satélites de la constelación NAVSTAR, y debido a la ganancia en la precisión de los receptores, el uso del GPS se está convirtiendo en un estándar como instrumento que facilita la localización de parcelas, lo que es particularmente interesante cuando se utilizan en conexión con muestras permanentes (PERSSON Y JANZ, 2002).

Además la utilización de GPS e instrumentos digitales permite un ahorro en cuanto a mano de obra a emplear ya que los equipos de campo pueden estar formados por dos operarios e incluso por uno sólo, en contraposición con los equipos con herramientas manuales que de media están constituidos por tres personas.

La introducción de los SIG en aplicaciones forestales ha abierto nuevas posibilidades de análisis de datos. El análisis de información de múltiples fuentes es su punto fuerte, y adquiere importancia a todos los niveles, desde el local al global (FERNÁNDEZ-MANSO, 2002).

El DASOVIEW® presenta cinco menús básicos (aunque pueden integrarse otros a medida como son el de planes de claras, etc.) los cuales permiten una gran variedad de representaciones cartográficas y consulta de datos del inventario y planificación (Figura 5).

- (1) *SIG\_inventario*: este menú permite la visualización y consulta de todas las variables del inventario, cargar las distintas coberturas (ortofotos, MTN25, div. dasocrática, parcelas, etc) y la consulta de los datos asociados, pudiendo generar informes.
- (2) *Seguimiento planificación*: se consigue un control interactivo de la planificación, ya que

Tipo inventario	Orografía	Equipo campo	GPS/Distancia (m)			Brújula/Distancia (m)		
			100	150	200	100	150	200
Muestreo sistemático	Llano	E1*	2,0**	3,5	5,0	5,0	8,0	10,0
<i>Cuéllar (SG)</i>		E2	2,5	3,0	5,5	6,0	9,0	11,0
<i>Portillo (VA)</i>		E3	2,0	3,0	5,0	5,5	8,0	12,0
<i>Coca (SG)</i>		<b>Media</b>	<b>2,2</b>	<b>3,2</b>	<b>5,2</b>	<b>5,5</b>	<b>8,3</b>	<b>11,0</b>
		<b>Desv.típica</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>1,0</b>
Muestreo sistemático	Rugoso	E1	7,0	11,0	17,0	10,0	16,0	22,0
<i>Calcena (Z)</i>		E2	8,5	14,0	20,0	10,0	16,0	21,0
<i>Fresnedo (LE)</i>		E3	8,0	14,0	19,0	10,5	16,0	22,0
<i>Pomer (Z)</i>		<b>Media</b>	<b>7,8</b>	<b>13,0</b>	<b>18,7</b>	<b>10,2</b>	<b>16,0</b>	<b>21,7</b>
		<b>Desv.típica</b>	<b>0,8</b>	<b>1,7</b>	<b>1,5</b>	<b>0,3</b>	<b>0,0</b>	<b>0,6</b>
Muestreo sistemático	Montañoso	E1	15,0	19,0	25,0	20,0	29,0	37,0
<i>Aisa-Borau (HU)</i>		E2	17,0	22,0	27,0	22,0	29,0	39,0
		E3	19,0	24,0	30,0	23,0	30,0	41,0
		<b>Media</b>	<b>17,0</b>	<b>21,7</b>	<b>27,3</b>	<b>21,7</b>	<b>29,3</b>	<b>39,0</b>
		<b>Desv.típica</b>	<b>2,0</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>1,5</b>	<b>0,6</b>	<b>2,0</b>

**Tabla 1.** Comparación replanteo puntos de muestreo (GPS versus Brújula). \* Ei: valores medios de cada equipo; \*\* tiempo en minutos

- se representa en pantalla con distintos colores el estado de las cortas dentro de cada unidad de corta, así como su consulta en datos cuantitativos. Está conectado al menú (5).
- (3) *Apeo de rodales*: da una descripción cualitativa de cada una de las unidades inventariables en función de los datos tomados en campo.
- (4) *Resultados de inventario*: permite la consulta de todos los datos cuantitativos tomados en campo y posteriormente procesados.
- (5) *Gestión de aprovechamientos*: permite la introducción y posterior consulta de todo tipo de aprovechamientos (madera, leña, resina, fruto, pasto, etc). Está conectado al menú (2).

Tipo inventario	Orografía	Equipo campo	Herramientas manuales/ Radio parcela (m)			Herramientas electrónicas/ Radio parcela (m)		
			9	10	14	9	10	14
Muestreo sistemático	Llano	E1*	-	-	20,0	-	-	12,0
<i>Cuéllar (SG)</i>		E2	-	-	19,0	-	-	10,0
<i>Portillo (VA)</i>		E3	-	-	19,0	-	-	11,0
<i>Coca (SG)</i>		<b>Media</b>	-	-	<b>19,3</b>	-	-	<b>11,0</b>
		<b>Desv.típica</b>	-	-	<b>0,6</b>	-	-	<b>1,0</b>
Muestreo sistemático	Rugoso	E1	24,0	27,0	-	15,0	17,0	-
<i>Calcena (ZA)</i>		E2	24,0	26,0	-	15,0	17,5	-
<i>Fresnedo (LE)</i>		E3	24,5	27,5	-	16,0	17,0	-
<i>Pomer (Z)</i>		<b>Media</b>	<b>24,2</b>	<b>26,8</b>	-	<b>15,3</b>	<b>17,2</b>	-
		<b>Desv.típica</b>	<b>0,3</b>	<b>0,8</b>	-	<b>0,6</b>	<b>0,3</b>	-
Muestreo sistemático	Montañoso	E1	30,0	36,0	-	20	27,0	-
<i>Aisa-Borau (HU)</i>		E2	31,0	36,0	-	20	23,0	-
		E3	30,5	36,0	-	21	24,5	-
		<b>Media</b>	<b>30,5</b>	<b>36,0</b>	-	<b>20,3</b>	<b>24,8</b>	-
		<b>Desv.típica</b>	<b>0,5</b>	<b>0,0</b>	-	<b>0,6</b>	<b>2,0</b>	-

**Tabla 2.** Comparación apeo puntos de muestreo (Herramientas manuales versus Herramientas electrónicas) \* Ei: valores medios de cada equipo; \*\* tiempo en minutos

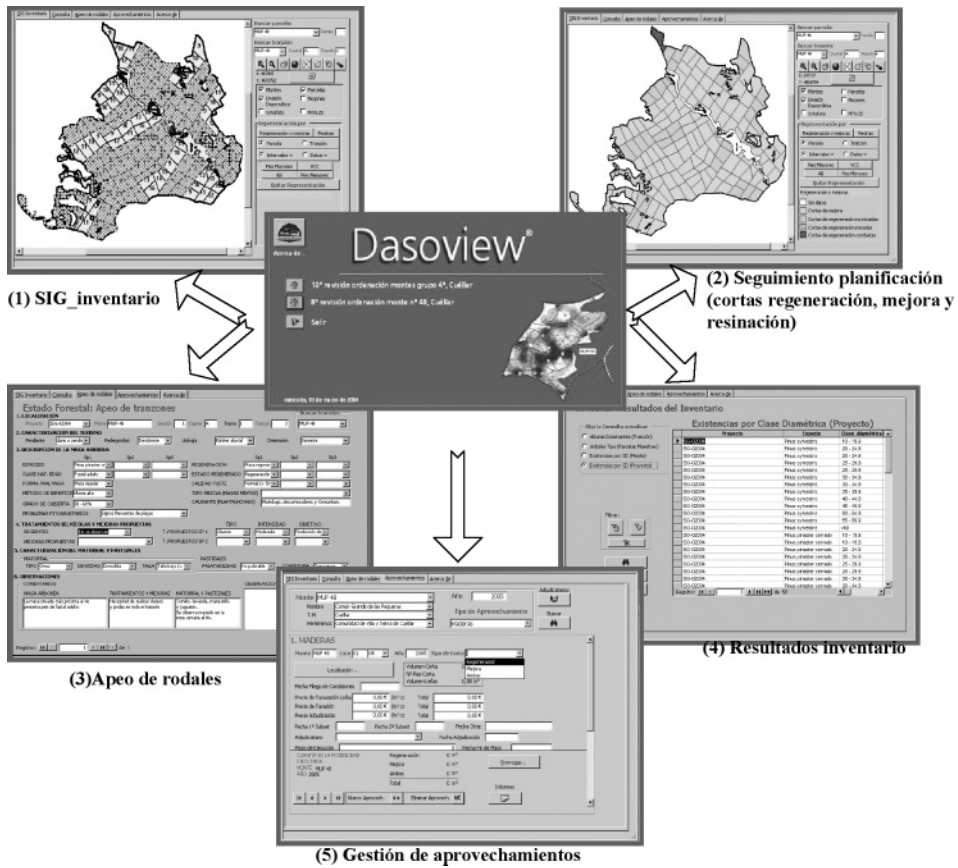


Figura 5. Pantallas de visualización de los distintos menús del DASOVIEW®

**CONCLUSIONES**

Por una parte, el uso de herramientas de nueva tecnología ha proporcionado una mayor precisión y un menor tiempo requerido para el replanteo y el apeo de las parcelas de muestreo. Lo cual incide directamente en una menor asignación de recursos monetarios para su realización, siempre y cuando se tenga presente que el desembolso económico que es necesario para la adquisición de dichas herramientas es rápidamente amortizado.

La aplicación desarrollada DASOVIEW ha permitido la fácil integración de los SIG en la gestión del medio natural, suponiendo una herramienta de trabajo con numerosas aplicacio-

nes que facilita el análisis territorial y, en consecuencia, la toma de decisiones.

**BIBLIOGRAFÍA**

AKÇA, A.; 2000. *Forest Inventory*. Institute of Forest Management and Yield Sciences. 2º ed. University of Göttingen. Göttingen.

PÄIVINEN, R. & SOLBERG, B.; 1996. From raw data to value-added forest inventory information. In: R. Penny, C. Brack, K. von Gadow & G. Lund (eds.), *Inventory and forecasting productive capacity for natural forests*. Criteria and indicators for sustainable forest management. CAB International. Wallingford.

- HUSCH, B.; 2001. *Forest inventory planning*. En: <http://fao.org/docrep/24755e/24755e04.htm>. Consultado el 08/10/2001.
- PERSSON, R.; JANZ, K.; 2002. *Evaluación y monitoreo de recursos arbóreos*. En: <http://fao.org/forestry/foda/wforcong/publi/v1/t1s/1-4.htm>. Consultado el 06/03/2002.
- FERNÁNDEZ-MANSO, O.; 2002. *Application of digital photogrammetric techniques and Geographical Information System for mapping and analysing a forest area in Börsinghausen, Göttingen/Germany*. Master Thesis. Institut für Waldinventur und Walwachstum. Georg-August-Universität Göttingen.