

Integración de campos de calibración para receptores GNSS bajo cubiertas forestales mediante Sistemas de Información Geográfica

Marco Antonio Blanco-Vázquez
Marcos Faba-Fernández
Elena de Caso Carrera
José Ramón Rodríguez-Pérez

Grupo de Investigación 202 (GEOINCA). Universidad de León.

Resumen:

El uso de los receptores GNSS (Global Navigation Satellite System) cada vez es más extendido debido a las múltiples soluciones que ofrece. Al crecer las demandas de los usuarios también aumentan las diferentes condiciones de medición, como por ejemplo en el ámbito forestal. El funcionamiento de este tipo de aparatos bajo cubierta arbolada se ve afectado por las características de la masa forestal. Para analizar el comportamiento de estos equipos se establecieron unos campos de calibración situados en masas forestales de *Pinus sylvestris*, *Pinus radiata* y *Populus* sp. Con el objetivo de que los usuarios puedan evaluar el rendimiento de cualquier receptor, se han implementado estos datos en un SIG (Sistema de Información Geográfica) y publicado en un servidor de cartografía.

Palabras clave: SIG, GNSS, campos de calibración, cobertura arbolada, forestal.

Abstract:

The use of GNSS receivers (Global Navigation Satellite System) is becoming more widespread because of the many solutions offered. Growing demands of users also increases the different measurement conditions, such as in forestry. The operation of such instruments under tree cover is affected by the characteristics of the forest. To analyze the behavior of the GNSS receivers tree calibration fields were established located in stands of *Pinus sylvestris*, *Pinus radiata* and *Populus* sp. All data about the calibration fields has been implemented in a GIS (Geographical Information System) and published as a geo-service.

Keywords: GIS, GNSS, field calibration, forest covert, forestry.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Grupo de investigación 202 (GEOINCA). Universidad de León. Campus de Ponferrada. ESTIA.

Dirección: Avenida de Astorga, s/n. 24400 Ponferrada (León, España).

Phone: +34987442000

Fax: +34987442070

E mail: marco.blancovaz@gmail.com (Marco Antonio Blanco-Vázquez)

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación de los proyectos titulados “Utilización de software de código abierto para la implementación de infraestructuras de datos espaciales” (financiado por la Universidad de León) y “Análisis del funcionamiento de receptores de posicionamiento por satélite en entornos forestales: evaluación de los errores de posicionamiento GNSS bajo cubierta arbolada (LE241A11-2)” (financiado por la Consejería de Educación Junta de Castilla y León).

1. Introducción

Los receptores GNSS (Global Navigation Satellite System) cada vez se usan más en diferentes ámbitos. Uno de ellos es el forestal en el que el propio medio influye en el funcionamiento de los mismos. La señal se ve devaluada hasta incluso la pérdida lo que afecta negativamente a la precisión de los receptores o a su posibilidad de uso. Dependiendo de la situación orográfica y de la cobertura arbolada del entorno la calidad de la señal variará (Fernández et al., 2010, pp. 72-85). En función de las necesidades del usuario este necesitará conocer la incertidumbre en las medidas hechas en campo para saber si la medición con este tipo de sistemas es factible para sus fines. Los usos de este tipo de receptores son muy variados incluso dentro de este medio y se pueden dar diversas operaciones: control y seguimiento de maquinaria forestal (McDonald and Carter, 2002, pp. 310–319; Cordero et al., 2006, pp. 163-173; Kopka and Reinhardt, 2006, pp. 149-162), sistemas precisos de producción, parcelario, inventario forestal (Evans et al, 1992, pp. 67-70), aplicaciones SIG forestales (Wing and Bettinger, 2003), gestión de áreas y recursos especiales (Wing and Kellog, 2004, pp. 77-83), etc. Las precisiones requeridas varían de una actividad a otra. Un factor determinante es la especie de árboles de la cubierta arbórea bajo la que se está midiendo y sus características. Por ello se han decidido crear campos de calibración en tres de las especies más comunes en la Provincia de León: *Pinus sylvestris*, *Pinus radiata* y *Populus* sp.

Los campos de calibración estarán formados por puntos de coordenadas conocidas situados en parcelas forestales permanentes de 10 metros de radio. Para el cálculo de las coordenadas reales de los puntos se han creado redes topográficas (mediante poligonal con estación total y nivelación con nivel), que partieron desde puntos en zonas despejadas observados por técnicas GNSS. En lo que respecta a la caracterización de las parcelas se han realizado fotografías hemisféricas y medidas de diámetros y alturas de cada árbol.

Se diseñaron tres redes de puntos, una para cada especie. Cada red está formada por doce puntos en los que al menos se identifican tres tipos de parcela.

Toda la información referente a cada parcela está recogida en un proyecto hecho con gvSIG; así los usuarios podrán medir esos puntos de coordenadas conocidas con sus receptores y mediante Internet y la consulta de los datos obtenidos en este trabajo compararán las medidas realizadas por sus equipos con las coordenadas reales de los puntos y las podrán relacionar con la masa forestal.

2. Zona de estudio

Los campos de calibración se encuentran en tres puntos de la Provincia de León en la Comunidad Autónoma de Castilla y León (Noroeste de España). Concretamente en los municipios de Sancedo (*Pinus radiata*), Manzanal del Puerto (*Pinus sylvestris*) y Villoria de Órbigo (*Populus sp.*).

Se han escogido estos emplazamientos porque en cada una de las zonas hay una especie con parcelas de diferentes características, lo cual permitirá contemplar dentro de cada tipo de cobertura forestal diferentes propiedades y estados de la cubierta.

Figura 1: Localización de las parcelas de estudio.



3. Objetivos

El objetivo fundamental de este trabajo es ofrecer a los usuarios de sistemas de navegación satelitales de cualquier tipo la posibilidad de evaluar los datos registrados por los mismos bajo masas forestales permanentes. Los usuarios medirán los puntos con sus receptores GNSS y podrán comparar los valores obtenidos con los “reales” del punto de calibración y el resultado podrá ser relacionado con la cubierta forestal. En caso de contar con los medios adecuados, cada año se inventariarán las masas correspondientes a cada parcela para conocer sus propiedades y que los datos de carácter forestal estén actualizados. Estos datos asociados a cada parcela se representarán en un Sistema de Información Geográfica y se pondrán a disposición de los usuarios mediante un servidor de cartografía con servicios OGC (Open Geospatial Consortium). Todo el trabajo se desarrolló con software libre.

4. Material

El material empleado en este trabajo es de tres tipos: instrumentos topográficos, instrumentos de inventariado forestal y software informático.

4.1. Instrumentos topográficos

Se usaron tres instrumentos topográficos para la creación de las redes: receptor GNSS de doble frecuencia Topcon Hiper +, estación total PENTAX R-326 y nivel óptico automático PENTAX AP-128.

4.1.1. Receptor GNSS Topcon Hiper +

Este receptor se utilizó para observar los puntos en terreno despejado desde donde partirán las redes planimétricas y altimétricas. Es de doble frecuencia, con la capacidad de observar satélites de las constelaciones GPS (Global Positioning System) y GLONASS (Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema) y tiene memoria interna para hacer estáticos relativos.

4.1.2. Estación total PENTAX R-326EX

La estación se empleó para establecer la red planimétrica por el método de itinerario cerrado desorientado. Las cotas obtenidas se desecharon por ser más precisas las que se obtienen de la red altimétrica realizada con nivel óptico.

4.1.3. Nivel óptico automático PENTAX AP-128

El nivel se utilizó para la observación de la red altimétrica por medio del método de nivelación geométrica doble por el punto medio.

4.2. Instrumentos de inventariado forestal.

La caracterización de las parcelas forestales requirió el uso de tres instrumentos: el hipsómetro Vertex, la forcípula y una cámara réflex digital con objetivo de ojo de pez.

4.2.1. Forcípula.

Es un calibre de grandes dimensiones que consta de una regla graduada y de dos brazos perpendiculares a esta, uno fijo otro que se desplaza a lo largo de la regla, de esta forma se determinó el diámetro normal (DAP) de todos los árboles.

4.2.2. Hipsómetro Vertex

El hipsómetro Vertex se utilizó para determinar la altura total de los árboles, así como otras medidas interesantes como la altura de la copa viva y la altura de la copa muerta. También se usó en el replanteo de las parcelas para la medición de distancias.

4.2.3. Cámara con ojo de pez.

Para la obtención de las fotografías hemisféricas se utilizó una cámara réflex con un objetivo de ojo de pez (*fisheye*) el cual puede realizar fotografías de una semiesfera de 180°. Estas fotografías se trataron con un software específico y se obtuvieron diversos valores característicos de masas forestales.

4.3. Softwares informáticos

Se han usado tres programas: Protopo, Hemiview y gvSIG.

4.3.1. Protopo

Protopo es un software que funciona en entorno AutoCAD con multitud de aplicaciones de carácter topográfico y que en este caso se ha utilizado para el cálculo y compensación de los itinerarios cerrados. El programa ofrece los errores y las tolerancias según el método y el aparato empleado y, por supuesto, las coordenadas finales de los puntos de estudio.

4.3.2. Hemiview

Hemiview es un programa que analiza fotografías hemisféricas. Una vez procesadas se obtuvieron variables características de masa como índices de radiación, fracciones de cobertura o el índice de área foliar (LAI). De esta manera se obtiene una caracterización más completa de las masas forestales objeto de estudio.

4.3.3. gvSIG

Se ha elegido el gvSIG por ser un software SIG Open Source que cubre todas las necesidades para este trabajo. Fue utilizado para crear y visualizar los datos de las parcelas forestales georreferenciados que posteriormente se incorporaron en un servidor de cartografía.

5. Metodología

5.1. Elección de la localización de los campos de calibración y materialización de los mismos

Es la primera fase del trabajo y tiene suma importancia. Se diseñaron tres redes de puntos siendo una para cada especie. Cada red está formada por doce puntos en los que al menos se identifican tres tipos de parcela. Los parámetros determinantes para la elección fueron el número de árboles por hectárea (N) y la altura dominante (H0). De este modo se eligieron 4 grupos de 3 parcelas cada uno con características parecidas entre los miembros de cada especie. La localización de cada parcela se indicó en el apartado nº 2 y en la Figura 1.

La materialización de los puntos de estudio se hizo con hitos feno por sus características destacadas en estabilidad y visibilidad.

5.2. Inventario forestal

Esta parte del trabajo se realizó para caracterizar las parcelas forestales donde se encuentran los puntos de estudio. En el *Pinus radiata* y en el *Pinus sylvestris* se tomaron los árboles en un radio de 10 metros desde el punto de estudio, mientras que en los chopos, al estar en marco de plantación, se inventariaron las tres filas más cercanas en las cuatro posibles direcciones. En total se inventariaron más de 400 chopos y 800 pinos.

Identificados los árboles de cada parcela se procedió al inventario siguiendo estos pasos:

- I. Medición de distancias del árbol al centro de la parcela (sólo para *Pinus radiata* y *Pinus sylvestris*) y etiquetado del mismo.
- II. Medición de diámetros del árbol con la forcípula.
- III. Medición de las alturas de interés con el Vertex (altura total, copa viva, copa muerta...).
- IV. Observación de particularidades del árbol (bifurcaciones, ramas rotas, enfermedades...), y;
- V. Toma y procesado de fotografías hemisféricas en cada uno de los puntos de estudio.

5.3. Creación de las redes topográficas

La obtención de las coordenadas precisas de los puntos de estudio no se pudo realizar simplemente observando por técnicas GNSS ya que al medir bajo coberturas forestales la exactitud de las mediciones sería muy reducida. Por ello se optó por tomar puntos con GNSS fuera de las masas forestales y en terreno despejado para posteriormente realizar poligonales a partir de estos y así determinar las coordenadas de los puntos de estudio.

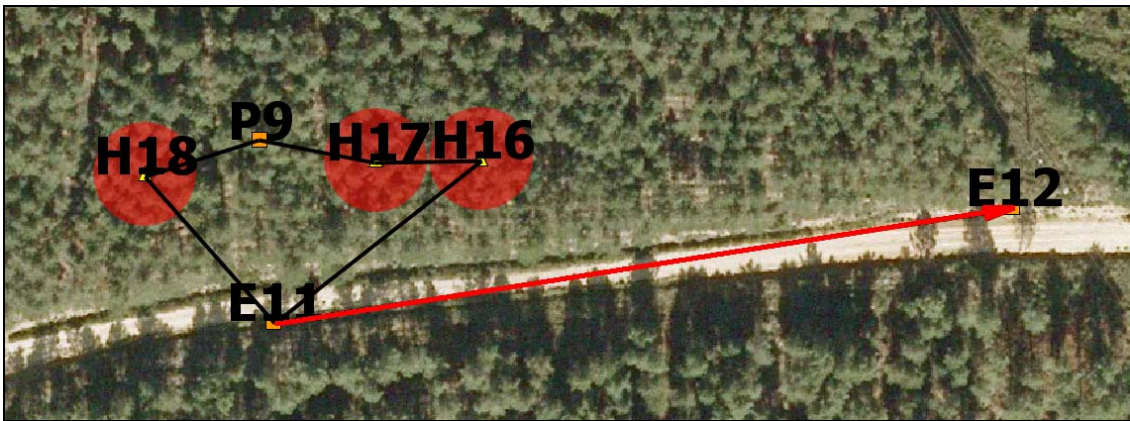
Las coordenadas se calcularon referidas a ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) y la proyección cartográfica utilizada fue la UTM (Universal Transverse Mercator) para los Husos 29 y 30 Norte.

Los pasos seguidos para cada uno de los doce grupos de parcelas fueron:

- I. Materialización y observación con técnicas GNSS de dos puntos visibles entre sí en terreno despejado próximos al grupo de parcelas. El motivo de que sean dos los puntos medidos y de que sean visibles entre sí es que para que se inicie el itinerario se han de cumplir estas condiciones. Las observaciones se realizaron con el método de estático relativo y se usó un Topcon Hiper +. La duración de la observación fue de unos 45 minutos
- II. Materialización de puntos intermedios del itinerario con estacas y clavos.
- III. Realización del itinerario cerrado desorientado con la estación total, cálculo y compensación proporcional a las distancias parciales, con lo que se obtienen las coordenadas X e Y. La Z se desestima ya que se calcula mediante un itinerario altimétrico.
- IV. Nivelación geométrica por el punto medio con nivel óptico automático y compensación de la misma en función de los incrementos de cotas parciales.

En la Figura 2 se puede observar una red topográfica para uno de los grupos de puntos de estudio. Los puntos con numeración “E” son los observados por GNSS en terreno despejado. El “E11” es de donde parte el itinerario y la nivelación y la lectura a “E12” se hace para calcular la desorientación. Los puntos con denominación “H” son los de estudio y el que tiene denominación “P” pertenece a los puntos intermedios que se emplean para cuando las visuales entre puntos no son posibles.

Figura 2: Grupo de parcelas de estudio en Manzanal del Puerto.



Realizada esta fase del trabajo se obtienen las coordenadas de todos los puntos de estudio.

5.4. Implementación de los datos en el Sistema de Información Geográfica y subida a un servidor de cartografía

Una vez que se tienen todos los datos el siguiente paso fue almacenarlos en una base de datos georreferenciada. Mediante gvSIG (“unión de tablas”, creación de “tema de eventos”) se obtuvieron tres capas finales en formato shape (una por cada especie de masa), que contienen todos los datos asociados a cada punto de estudio.

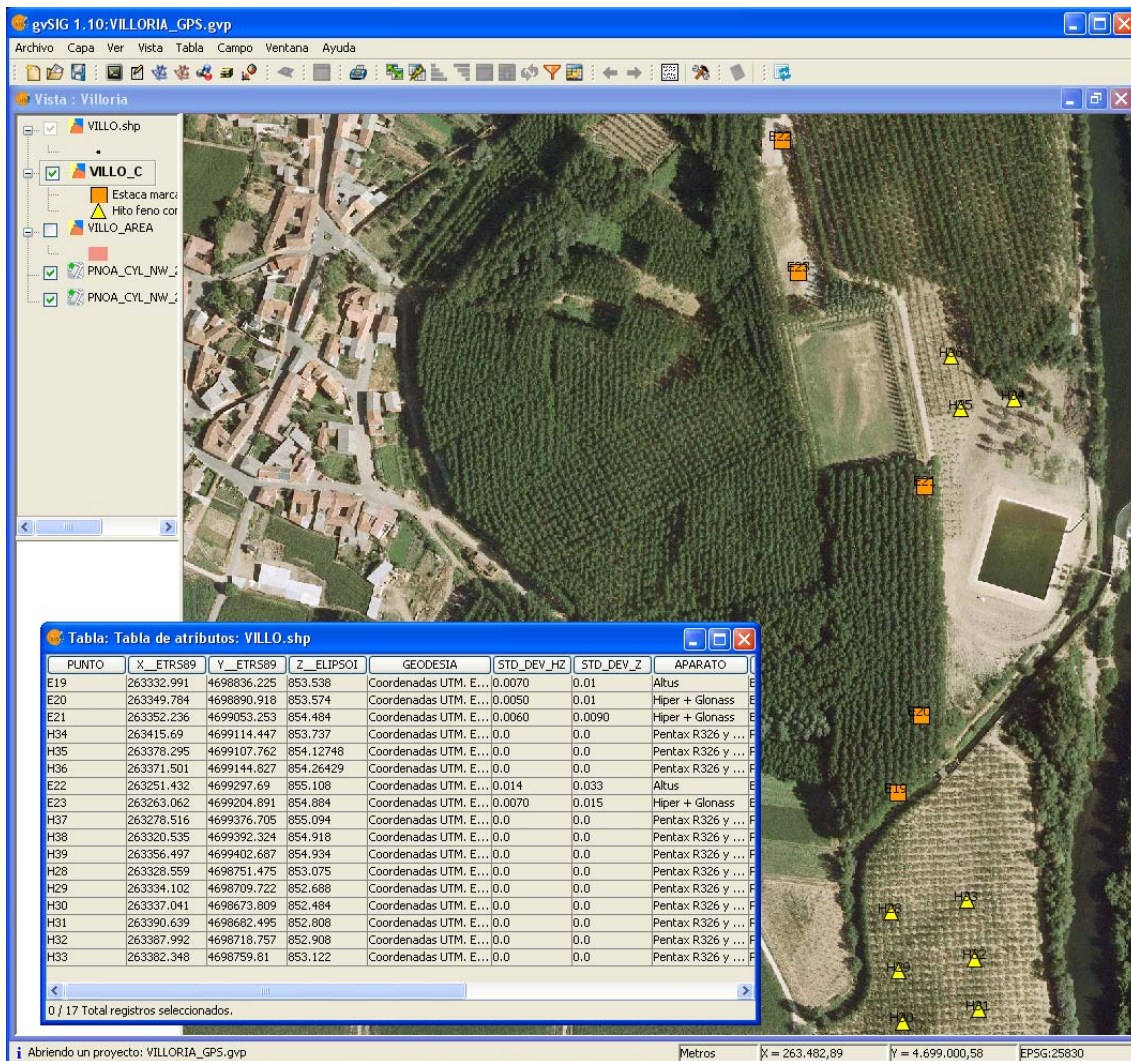
Una vez creadas las capas que contienen toda la información asociada a las parcelas se publicaron en un servidor de cartografía en el cual se ofrecen las capas mediante servicios WMS (Web Map Service) y WFS (Web Feature Service). Esta parte está en fase de desarrollo.

6. Resultados

Terminado el trabajo se obtuvo una base de datos georreferenciada e implementada en un SIG de los campos de calibración para receptores GNSS. Cada capa resultante contiene datos topográficos (coordenadas de los puntos, tipo de materialización, método e instrumento de observación, fecha de observación, sistema de referencia y proyección...) y datos forestales de las parcelas de estudio (número de pies por hectáreas, alturas, índice de cielo visible...).

En la Figura 3 se muestra una captura de pantalla donde se visualiza la información gráfica y la tabla temática de la capa en la zona de Villoria (*Populus* sp).

Figura 3: Vista de la capa de Villoria y de la tabla temática en gvSIG.



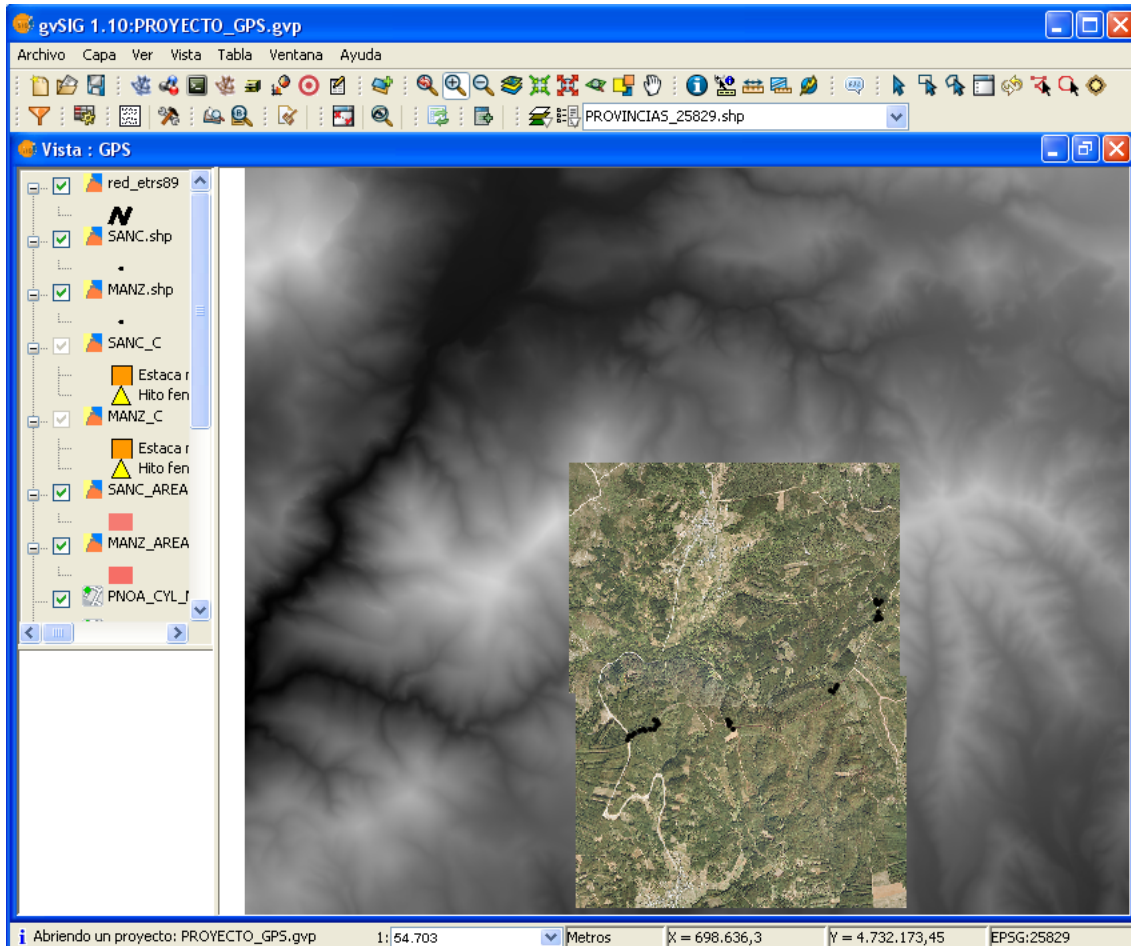
En la Tabla 1 se muestra a modo de ejemplo las coordenadas precisas obtenidas para las parcelas de *Pinus radiata*.

Tabla 1: Coordenadas precisas de los puntos de estudio de *Pinus radiata*.

| Punto | X (ETRS89 H29N, m.) | Y (ETRS89 H29N, m.) | Z (elipsoidal, m.) |
|-------|---------------------|---------------------|--------------------|
| H1 | 696104.085 | 4729765.506 | 1013.058 |
| H2 | 696058.407 | 4729778.172 | 1013.634 |
| H3 | 696070.646 | 4729730.297 | 1013.156 |
| H4 | 693652.691 | 4728368.262 | 914.071 |
| H5 | 693696.826 | 4728436.371 | 919.357 |
| H6 | 693673.882 | 4728454.829 | 922.048 |
| H7 | 696069.861 | 4729585.529 | 1004.861 |
| H8 | 696052.126 | 4729567.401 | 1002.306 |
| H9 | 695564.601 | 4728789.088 | 989.508 |
| H10 | 694478.939 | 4728446.480 | 953.843 |
| H11 | 694457.828 | 4728452.214 | 955.488 |
| H12 | 694450.002 | 4728474.381 | 954.118 |

Al tener los datos implementados en un SIG también se pueden añadir otros tipos de información de interés como modelos digitales del terreno y ortofotografías aéreas. En la Figura 4 se muestra un captura pantalla de las parcelas de Sancedo superpuestas sobre un MDT en formato ráster y las ortofotografías aéreas correspondientes a la zona.

Figura 4: Parcelas de Sancedo sobre un MDT y las ortofotografías correspondientes a la zona.



7. Conclusiones

Los receptores GNSS son un instrumento versátil capaz de trabajar en diversas condiciones y se hace necesario evaluar la precisión y exactitud obtenidas en las mediciones en condiciones desfavorables. Con la creación de campos de calibración bajo cobertura arbolada se podrá evaluar la calidad de las mediciones de cualquier receptor GNSS. Los Sistemas de Información Geográfica ofrecen la posibilidad de visualizar los datos y analizar espacialmente la información de cada campo de calibración de un modo sencillo. Al estar los datos de los campos de evaluación implementados en un SIG se pueden publicar mediante la red de manera rápida y con coste bajo.

En definitiva, el software SIG es una herramienta fundamental para la representación de datos, el análisis de los mismos y su posterior difusión. Además estos entornos son amigables y con un alto nivel de interoperabilidad, quedando al alcance de usuarios de cualquier rama de las ciencias y de todos los niveles de conocimiento (como son los usuarios de los receptores GNSS).

8. Referencias bibliográficas

Cordero, R; Mardones, O. y Marticorena, M.. (2006). “Evaluation of forestry machinery performance in harvesting operations using GPS technology”. En Ackerman PA, Längin DW & Antonides MC (Eds.) 2006. *Precision Forestry in plantations, semi-natural and natural forests*. Proceedings of the International Precision Forestry Symposium, Stellenbosch University, South Africa, Marzo 2006. Stellenbosch University, Stellenbosch. ISBN: 0-7972-1121-7. pp. 163-173.

Evans, D., Carraway, and R., Simmons, G. (1992). “Use of Global Positioning System (GPS) for Forest Plot Location”. *Southern Journal of Applied Forestry*, 16(2), pp. 67-70.

Fernández López, M., Rodríguez-Pérez, J.R., Castedo Dorado, F. y Sanz Ablanado, E. (2010). “Evaluación de errores en el posicionamiento con receptores GPS de doble frecuencia bajo cubierta arbolada de Pinus Radiata D.Don”. En Ojeda, J., Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla. pp. 72-85. ISBN: 978-84-472-1294-1.

Kopka, A. y Reinhardt, B. (2006). “Accuracy of SIG/GIS applied harvester skidding tracks. En Precision Forestry in plantations, semi-natural and natural forests”. En Ackerman PA, Längin DW & Antonides MC (Eds.) 2006: *Precision Forestry in plantations, semi-natural and natural forests*. Proceedings of the International Precision Forestry Symposium, Stellenbosch University, South Africa, Marzo 2006. Stellenbosch University, Stellenbosch. ISBN: 0-7972-1121-7. pp. 149-162.

McDonald, T.P. y Carter, E.A. (2002): “Using the global positioning system to map disturbance patterns of forest harvesting machinery”. *Canadian Journal of Forest Research*, 32(2): pp. 310–319.

Wing, M.G., Bettinger P. (2003). “GIS: An updated primer on a powerful management tool”. *Journal of Forestry*, 101, 4-8.

Wing, M.G., Kellogg L.D. (2004). *Digital data collection and analysis techniques for forestry applications*. Proceedings of the 12th International Conference on Geoinformatics, University of Gävle, Sweden, pp. 77-83, <<http://fromto.hig.se/~bjg/geoinformatics/files/p077.pdf> > (acceso en septiembre de 2010).