

# **Levantamiento de la verdad terreno mediante técnicas G.P.S. Una aportación a la mejora de las clasificaciones temáticas**

*García Rodríguez, R.; Zavala Morencos, I.*

Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría.

E.U.I.T. Agrícola

Universidad Politécnica de Madrid

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se describe la utilización de las técnicas G.P.S. (Global Positioning System) aplicando el método diferencial, para el levantamiento de las parcelas de campo que constituyen la verdad terreno; las ventajas que esto supone frente a la metodología tradicional y las mejoras que ofrece para las clasificaciones temáticas.

## **ABSTRACT**

The purpose of this study is to describe the use of G.P.S. (Global Positioning System) techniques applying the differential method in order to survey the field areas that constitute the ground truth. The advantages of the methodology are also displayed here as compared with the traditional ones; consequently the best results for thematic classifications are obtained.

## **Introducción**

En todos los procesos en los que se realizan clasificaciones temáticas por métodos supervisados, resulta fundamental la selección de una serie de parcelas o áreas de entrenamiento que se utilizarán en la fase de clasificación.

La selección de tales parcelas es necesario realizarla en dos escenarios distintos; uno sobre la imagen que se quiera clasificar, presentada en la pantalla, y otra sobre un documento cartográfico o fotográfico, o sobre el propio terreno.

La necesidad de realizar dos veces la identificación de las áreas de entrenamiento, se debe a que es necesario establecer una correlación entre los niveles digitales medios de cada una de las áreas, y su uso u ocupación real en el momento de la adquisición de la escena por el sensor.

Realmente, solo la segunda fase, es decir, la identificación de la ocupación real de las parcelas de entrenamiento, es lo que se conoce con el término "verdad terreno",

ya que rigurosamente, la información debería obtenerse directamente en el terreno, considerado éste en el sentido más amplio.

Como hemos mencionado, existen varias fuentes que pueden proporcionar la información que nos interesa, siendo las más importantes la fotografía aérea y la cartografía temática.

En ambos casos, el proceso consistiría en identificar las áreas de entrenamiento sobre el documento y consignar la ocupación que les corresponda, haciendo un uso únicamente cualitativo de los documentos gráficos de apoyo, fotografía y/o cartografía.

La utilización combinada de ambos documentos permite, por un lado, la localización de la parcela en la cartografía convencional de líneas y símbolos, y por otro, determinar la ocupación por fotointerpretación y comparación con la cartografía temática, analizando colores, tonos y texturas, sobre la fotografía aérea.

Finalizado este proceso, se debe hacer una identificación precisa de las áreas de entrenamiento sobre la imagen presentada en pantalla, apoyándonos en las parcelas previamente seleccionadas y eliminando aquellas de las que no se haya podido obtener información.

Esta identificación se realiza normalmente por digitalización en pantalla sobre la imagen rectificadas, con el consiguiente riesgo de incluir píxeles correspondientes a parcelas con otros usos y aplicaciones o de excluir a algunos de la que se está analizando.

Este problema se podría evitar digitalizando sobre la fotografía o el plano, pero en ambos casos se presentan algunos inconvenientes.

Las fotografías aéreas no se deben utilizar directamente, ya que hay que tener en cuenta que un fotograma es un documento no válido planimétricamente debido fundamentalmente a dos causas; la inclinación del eje de la cámara fotogramétrica en el momento de la toma y el sistema de proyección cónica en el que se basa la técnica fotográfica (Thompson, 1980).

Debido a estas causas, la escala no es uniforme en todo el fotograma, ya que no se trata de una proyección ortogonal, y se producen deformaciones debidas al relieve (Wong, 1980).

Además en el fotograma no existe un sistema de coordenadas que permita la correlación directa con la imagen, problemas que quedarían parcialmente resueltos con la utilización de ortofotografías.

Por otro lado, el nivel de detalle de la cartografía temática, incluso a grandes escalas (p.e. 1/50.000), no permite el reconocimiento de parcelas individuales, salvo las de mayores dimensiones y delimitadas por accidentes geográficos claros o por vías de comunicación.

A este problema hay que unir el de disponer de cartografía temática adecuada y sobre todo, actualizada.

### **Objetivos**

El objetivo de este trabajo, a la vista de la problemática planteada, es la puesta a punto de una metodología que permita establecer de forma rigurosa y precisa el levantamiento de la verdad terreno para parcelas y puntos de cualquier naturaleza y sobre superficie terrestre o marítima; así como su acoplamiento sobre la imagen siguiendo un proceso automático, que evite la manipulación de las muestras sobre la misma.

### **Material**

Para la realización del presente trabajo se ha utilizado el siguiente material, disponible en el Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría de la U.P.M., ubicado en el Laboratorio de Teledetección Agrícola y G.P.S. de la E.U.I.T. Agrícola:

- Un receptor TRIMBLE 4000 ST, de 8 canales en LI y 0,5 Mb de memoria, con antena externa, que fue instalada en el vértice E.U.I.T.A. de coordenadas en ED-50: Long. 3°43'42,5976"W, Lat. 40°26'38,4758"N, Alt. 653,355 m, que se utilizó como base para las posteriores correcciones diferenciales.
- Un receptor PATHFINDER Professional, de 6 canales y código C/A, con registrador de datos POLYCORDER, que se utilizó para el levantamiento de los puntos de apoyo y de las parcelas de entrenamiento, montando la antena sobre un jalón, a una altura constante de 2 m.
- Software PATHFINDER para tratamiento de las observaciones, aplicación de las correcciones diferenciales y creación de archivos compatibles con el sistema ERDAS.
- Sistema ERDAS/PC V. 7.5, para el tratamiento digital de imágenes.
- Dos ordenadores, 486/50 y 486/33 para el cálculo de las observaciones GPS y el tratamiento digital de la imagen.
- Dos impresoras, Tektronix Colorquick y Laser Jet IIP+.

### **Método**

Ante los problemas existentes para la correcta localización de las áreas de entrenamiento, tanto sobre la imagen en pantalla, como sobre el terreno, se propone el levantamiento de las parcelas únicamente sobre el terreno, y su transmisión posterior al sistema de tratamiento digital de imágenes en forma vectorial.

Para ello se utilizó una escena de Albacete, correspondiente a la órbita 200/33 del sensor Thematic Mapper, del satélite LANDSAT-5, del 28 de junio de 1991. De esta escena se extrajo una zona de unos 15 km \* 12 km, delimitada por los municipios de Albacete, Barrax, La Roda y La Gineta.

El primer paso consistió en la rectificación de la parte de imagen correspondiente a la zona de trabajo, mediante coordenadas aproximadas obtenidas por interpolación del M.T.N. 1/50.000, hoja nº 765 "La Gineta".

Esta rectificación previa, en la que se seleccionaron 21 puntos de apoyo (GCP), permite obtener una copia impresa de la imagen a escala, sobre la que se procede a identificar sobre un superponible las áreas de entrenamiento seleccionadas, así como los puntos de apoyo.

En el proceso de rectificación fueron desechados 6 puntos para una tolerancia (RMS) de 2 píxeles.

Sobre la imagen rectificada se identificaron 7 parcelas de diferentes ocupaciones (maíz, alfalfa, ajo, secano).

El trabajo de campo consistió en el levantamiento, por un lado de los puntos de apoyo aplicando la técnica de GPS diferencial (Zavala y García, 1992), posicionándose en cada uno de ellos al menos 2 minutos con un receptor TRIMBLE PATHFINDER, que observó con un intervalo de 1 segundo, máscara de elevación de 15° y 8 como máscara de PDOP, y por otro, del perímetro de cada una de las parcelas seleccionadas, con el mismo receptor, y recorriéndolas a pie o en vehículo, en función de la accesibilidad a sus perímetros, con un intervalo de 2 segundos, aplicando la misma técnica.

Durante el proceso de levantamiento en campo se programó un segundo receptor TRIMBLE 4000ST, que fue utilizado posteriormente para aplicar las correcciones diferenciales necesarias a los puntos tomados en campo.

La técnica de GPS diferencial que se aplicó, tanto para el levantamiento de los puntos de apoyo como para las parcelas, consiste en la observación simultánea desde el re-

ceptor referencia y el móvil sobre los mismos satélites, con el fin de eliminar los errores producidos por la Disponibilidad Selectiva, la ionosfera y la troposfera. Esto se consigue al comparar las pseudodistancias medidas desde el receptor referencia con la distancia calculada a partir de las coordenadas conocidas del vértice donde se sitúa éste y las de los satélites que son radiodifundidas en el mensaje de navegación (Hofmann-Wellenhof et al., 1992); con el que se han obtenido precisiones de 2,5 m.

El rendimiento conseguido en un día de campo fue el siguiente:

- Puntos de apoyo: 17. Algunos de los seleccionados en la imagen no se pudieron identificar en el terreno, y en cambio se tomaron otros que resultaron fácilmente identificables, tanto en la imagen como en el terreno. (Figura 1)
- Parcelas: 7. Una de ellas se desechó por estar incompleta.
- Superficie ocupada por las parcelas:

P1 =	75,59 ha
P2 =	24,88 ha
P3 =	41,06 ha
P4 =	308,12 ha
P5 =	15,68 ha
P6 =	43,86 ha

Posteriormente se obtuvieron las coordenadas UTM de los puntos de apoyo en ED-50, así como las de las parcelas seleccionadas.

Con las coordenadas de los puntos de apoyo obtenidas por GPS, se procedió a realizar una rectificación más rigurosa de la imagen, utilizando 27 puntos, de los que 6 tuvieron que ser desechados para una tolerancia RMS de 1 píxel. El proceso consistió en una transformación lineal de primer orden y posterior asignación de los niveles digitales por convolución cúbica. (Figura 2).

El siguiente paso consistió en la importación desde el sistema ERDAS, de los archivos de las parcelas de entrenamiento obtenidas por GPS. En este caso, el programa PATHFINDER para tratamiento de observaciones GPS, permite obtener como salida archivos vectoriales del tipo .DIG, compatibles con el sistema ERDAS.

Una vez importados los archivos vectoriales, es necesario asignarles el sistema de referencia y proyección cartográfica correspondiente (ED-50 y UTM), para que no se produzcan errores de acoplamiento entre la imagen rectificada y los archivos vectoriales, para lo que se utilizó el programa DIGUTIL de ERDAS.

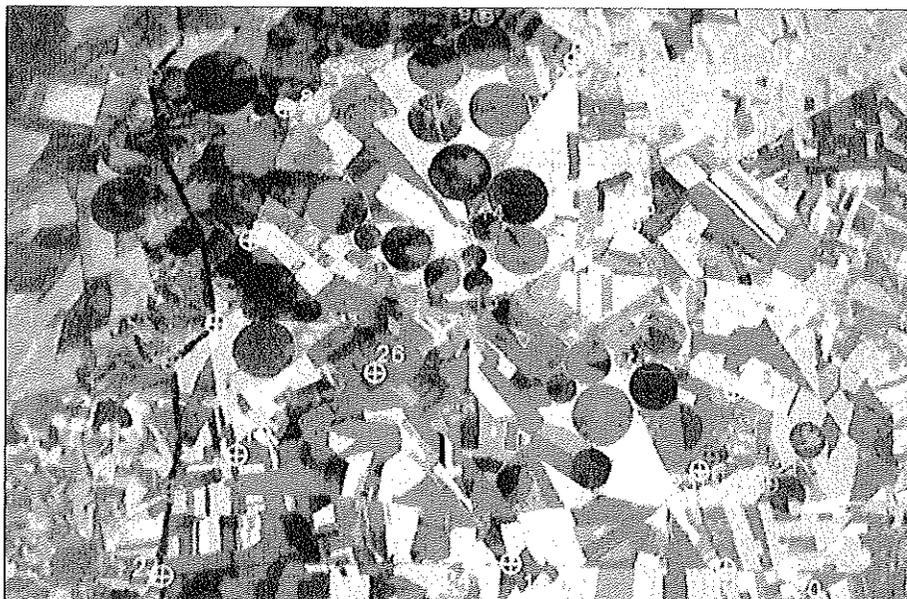


Figura 1  
Composición en falso color 4, 3, 2 de la zona de trabajo, mostrando los puntos de apoyo para la rectificación. (A. 71)

En estas condiciones, se pueden presentar las parcelas levantadas en campo, directamente sobre la imagen (programa DISPOL) (Figura 2), pudiéndose utilizar estas parcelas posteriormente en la clasificación como áreas de entrenamiento (programa SIGEXT), o como parcelas de control para verificar la calidad de la clasificación.

### *Aplicaciones*

Existen al menos dos aplicaciones concretas en las que la identificación de las áreas de entrenamiento sobre la imagen y de una forma rigurosa, resulta especialmente problemática y pueden ser resueltas favorablemente utilizando técnicas GPS.

En primer lugar describiremos el caso de la realización de estimaciones de superficies y rendimientos de cultivos para la elaboración de estadísticas agrarias.

En este caso, se utiliza normalmente como unidad de muestreo, un cuadrado de 700m \* 700m (Gallego, 1990), pudiendo descender según los casos hasta los 350m \* 350m. Esta unidad que se denomina "segmento" se apoya en su vértice SW en la esquina correspondiente de la cuadrícula UTM, cuyas coordenadas la identifican.



Figura 2

Superposición de las parcelas seleccionadas sobre la imagen rectificadas. (A. 72)

El trabajo de campo se realiza con la ayuda de una ampliación de un fotograma, y en algunos casos sobre ortofotografía (Casterad, 1992), en el que sobre una transparencia fijada a la fotografía, se delimita el segmento objeto de muestreo (SGT, 1992). Esta asignación se realiza por identificación aproximada del segmento sobre la fotografía, por lo que las coordenadas de la unidad de muestreo situada sobre la fotografía, difícilmente coincidirán con las que le identifican en la cuadrícula UTM.

Posteriormente, un técnico, en campo, delinea sobre la transparencia las diferentes parcelas que integran el segmento, asignándoles su uso u ocupación. Esta operación tiene un rendimiento medio de unos 4 segmentos de 700m \* 700m, por persona y día (1,96 ha).

Una vez realizado este proceso, se aplican dos variantes para integrar la información sobre la imagen de satélite.

La primera consiste en delinear nuevamente sobre papel vegetal todos los segmentos para evitar que existan parcelas definidas por polígonos abiertos, que darán problemas en la clasificación, y posteriormente digitalizarlos en grupos de 35 segmentos mediante scanner.

La segunda variante consiste en captar cada uno de los segmentos mediante una cámara de vídeo, y una vez transferidos al sistema, realizar las operaciones de edición necesarias para corregir los errores de delineación en campo.

En cualquier caso, los segmentos se superponen sobre la imagen rectificadora mediante las coordenadas de su esquina SW. Esta superposición, como ya hemos mencionado, no se puede realizar de forma automática, debido a la elección aproximada del segmento sobre la fotografía aérea, por lo que es necesario desplazar cada uno de los segmentos sobre la imagen para intentar que se acoplen lo mejor posible sobre esta.

El rendimiento medio en el primer caso (scanner), es de aproximadamente 0,5 minutos por segmento, sobre una base de cálculo de 5.000 segmentos en un mes y medio; y de 4-5 minutos por segmento para el segundo caso (cámara de vídeo). No se incluye en ninguno de los dos casos, el tiempo dedicado al ajuste de la posición de los segmentos sobre la imagen.

Este caso, aplicado a la obtención de estadísticas agrarias, puede ser extensivo para aquellos otros en los que se requiera una identificación rigurosa de las áreas de entrenamiento sobre la imagen.

Por otro lado, en la toma de muestras localizadas sobre mares o lagos, y en general sobre soportes marítimos, por ejemplo, para la toma de muestras en los estudios de contaminación costera, la localización de las muestras *in situ*, puede resultar bastante compleja, y se resuelve fácilmente asignándoles coordenadas mediante GPS.

### **Resultados y conclusiones**

El levantamiento mediante técnicas GPS de las áreas de entrenamiento que constituyen la verdad terreno en las clasificaciones supervisadas, y su integración automática en los sistemas de tratamiento digital de imágenes, aportan las siguientes mejoras en los procesos de clasificación:

- Es posible obtener las muestras sobre cualquier tipo de terreno, considerando éste en el sentido más amplio, incluso sobre superficies de agua, lo que facilita la ubicación precisa de las muestras sobre la imagen de satélite.
- El levantamiento de las parcelas mediante GPS, contribuye a mejorar los procesos de clasificación supervisada, ya que se constata en el propio terreno el levantamiento de unidades homogéneas en cuanto a uso u ocupación, evitando el problema de la inclusión de píxeles de otras ocupaciones o la exclusión de algunos de la considerada, debido a los errores que se cometen en la digitalización de las parcelas sobre la imagen, o en el acoplamiento de las mismas

cuando han sido obtenidas por algún método que no permite una georreferenciación rigurosa de las mismas.

- El proceso descrito permite la automatización de la fase de integración y acoplamiento de las parcelas o muestras directamente sobre la imagen rectificadas, sin intervención de correcciones manuales.

### **Bibliografía**

- Casterad, M.A., Arán, M., Albizúa, L.:** 1992. Estimación de superficies de cultivos en pequeños regadíos mediante encuesta de terreno y datos de satélite. *Agronomie*. 12: 661-668.
- Gallego, J.:** 1990. El proyecto de teledetección aplicada a las estadísticas agrarias de las C.E.: Estimación de superficies y rendimientos de cultivos anuales. Seminario sobre teledetección aplicada a la agricultura, Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Centro y Canarias. Madrid.
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., Collins, J. 1992. *GPS Theory and Practice*. Springer-Verlag. Wien. 326 p.
- SGT.:** 1992. Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos en Castilla y León, Madrid y Castilla-La Mancha, en 1991. *Boletín Mensual de Estadística*. Secretaría General Técnica del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 47 p. Madrid.
- Thompson, M.M., Gruner, H.:** 1980. Foundations of Photogrammetry. In *Manual of Photogrammetry*. American Society of Photogrammetry. 1:1-36. Falls Church, Va.
- Wong, K.W.:** 1980. Basic Mathematics of Photogrammetry. In *Manual of Photogrammetry*. American Society of Photogrammetry. 2:37-102. Falls Church, Va.
- Zavala, L., García, R.:** 1992. Get the point? GPS ground control for satellite images. *GPS World*. 9:34-37. Oregon.

