

RADIOMETRÍA DE CAMPO EN LA ENSEÑANZA DE LA TELEDETECCIÓN¹

Gerrit F. Epema²

RESUMEN: Se describe en este artículo la utilización en la enseñanza de la teledetección de un sencillo instrumento para la realización de medidas de reflectividad. El ejemplo que aquí se expone se ha extraído de un curso introductorio sobre aplicaciones de la teledetección que se imparte en la Universidad agrícola de Wageningen, en los Países Bajos.

FIELD REFLECTANCE MEASUREMENTS IN REMOTE SENSING EDUCATION

ABSTRACT: *Use of a simple instrument to measure reflectance in remote sensing education is described. The example is derived from an introductory course in applications of remote sensing given at the Agricultural University of Wageningen, the Netherlands.*

INTRODUCCIÓN

La Universidad agrícola de Wageningen (Países Bajos), ofrece un curso introductorio sobre aplicaciones de la teledetección al que asisten tanto estudiantes holandeses como extranjeros de cursos internacionales de maestría. Estos estudiantes aplicarán su experiencia en el trabajo de campo en posteriores etapas de sus estudios. No se requiere ninguna experiencia previa en teledetección. El curso tiene una duración de 20 días y se imparte en sesiones de media jornada. En él participan conferenciantes de diferentes departamentos de la Universidad. Sin embargo, aunque las clases teóricas forman parte del curso, el énfasis se pone en los trabajos prácticos. Los temas tratados son los siguientes: radiometría de campo, procesamiento de imágenes, interpreta-

ción de fotografías aéreas e imágenes de satélite y ejercicios introductorios sobre termografía y radar. Los ejercicios se realizan sobre diferentes zonas del mundo, incluyendo las proximidades de Wageningen. El curso incluye 3 días de trabajo de campo en los alrededores de Wageningen para verificar los resultados del procesamiento e interpretación de las imágenes y la realización de medidas de reflectividad. Los contenidos del curso se describen en los Apuntes de clase (Epema y Mulders, 1992).

En este artículo se describe la utilización de un sencillo instrumento para realizar medidas de reflectividad sobre el terreno. En el punto siguiente se hace una extensa descripción de un ejercicio para mostrar en detalle el empleo de este instrumento. Posteriormente se describe brevemente la aplicación de este instrumento mediante su comparación con los datos obtenidos por el sensor Landsat TM y con la fotografía aérea. El instrumento utilizado es un Cropscan, relativamente sencillo y barato que mide tanto la radiación reflejada como la incidente en 8 estrechas bandas del espectro situadas en el visible y el infrarrojo próximo. Aunque el rango espectral es menor que el del sensor TM, ello no constituye una limitante para su utilización.

Las mediciones de reflectividad realizadas sobre el terreno se utilizan tres veces durante el curso:

(i) Durante el segundo día se realizan mediciones en los alrededores del edificio de unos 10 objetos, incluyendo suelos desnudos vege-

¹ Traducido por M^a del Pilar Martín Isabel, Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá de Henares

² Agricultural University of Wageningen, Department of soil science and geology, P.O.Box 37, 6700 AA Wageningen, Países Bajos.

tación y agua. Los resultados obtenidos son analizados ese mismo día. El objetivo principal de estas mediciones y de su posterior análisis es el de comprender cuáles son los factores más importantes que afectan a la reflectividad así como el de aprender a interpretar las curvas espectrales y los diagramas de dispersión.

(ii) Al segundo día de haber iniciado la interpretación de las imágenes, se llevan a cabo comparaciones entre los valores obtenidos en las mediciones de campo y los datos que proporciona el sensor TM. Después de tres días de interpretación de imágenes del área de Wageningen, se realiza una excursión en la que se llevan a cabo observaciones puntuales de la vegetación, cultivos y suelos, al tiempo que se toman nuevas medidas de reflectividad. Las medidas realizadas en la práctica descrita anteriormente se utilizan para compararlas con las derivadas de los datos digitales obtenidos por el sensor Landsat TM. El objetivo primordial de este ejercicio es que los alumnos entiendan el por qué de las diferencias entre la información obtenida a partir del radiómetro y la adquirida por el satélite: escala, tiempo de observación, influencia de la atmósfera y amplitud de bandas. Las medidas de campo se obtienen con el propósito de contribuir a un conocimiento más profundo de los diferentes factores que afectan a la reflectividad del suelo, la vegetación y los cultivos.

(iii) El último día de trabajo de campo se realizan mediciones en localizaciones específicas que se corresponden con patrones de interés delimitados en las fotografías aéreas obtenidas en las bandas del rojo e infrarrojo cercano. Estas medidas se utilizan fundamentalmente como revisión de lo anterior.

En los apuntes de clase todos los capítulos están subdivididos en: (1) objetivos, (2) esquema del ejercicio, (3) teoría y (4) ejercicios tal y como se indica en el siguiente epígrafe.

LAS PRIMERAS MEDIDAS DE REFLECTIVIDAD DE CAMPO

Objetivos

El objetivo de este ejercicio es adquirir experiencia en la medición, procesamiento e interpretación de la reflectividad espectral del suelo, la vegetación y el agua.

Esta información es útil para interpretar los datos obtenidos a partir de la teledetección, como fotografías aéreas e imágenes de satélite en el visible e infrarrojo próximo.

Tras completar este ejercicio el alumno debería ser capaz de:

- utilizar el Cropscan para medir reflectividades
- describir sobre el terreno las características de las cubiertas más importantes
- hacer curvas espectrales con Symphony
- comprender los principales factores que influyen en la reflectividad

Esquema del ejercicio

Se llevarán a cabo las siguientes tareas:

- medidas sobre el terreno con el Cropscan
- trasvase de datos desde el instrumento a un ordenador personal
- análisis de los datos espectrales con la hoja de cálculo Symphony

Las preguntas sobre los ejercicios deben entregarse por escrito al profesor.

Teoría

(i) Determinación de la reflectividad

Existen dos formas básicas de determinar la reflectividad:

- Midiendo (casi) simultáneamente la radiación reflejada por un objeto y la radiación refle-

jada por un panel ideal completamente reflectante. La reflectividad (en %) se obtiene, en este caso, dividiendo la señal del objeto por la señal del panel multiplicada por 100. Hay que ser conscientes de que los paneles no son nunca ideales. Como la reflectividad del panel varía en función del ángulo zenital del sol, es necesario conocer este dato.

- Midiendo (casi) simultáneamente la radiación reflejada por un objeto y la radiación incidente en las mismas bandas con un difusor. Para determinar la reflectividad, la señal del objeto (multiplicada por 100) ha de dividirse por la radiación incidente. También en este caso deben aplicarse factores de corrección.

Una buena medición y análisis de los datos constituyen un requisito para una adecuada interpretación de los mismos. Milton (1987) y Epema (1991) proporcionan una visión sinóptica de como medir y procesar los datos adecuadamente.

(ii) Motivos para realizar mediciones de reflectividad

Las medidas de reflectividad sobre el terreno nos proporcionan una visión directa de las características espectrales de las distintas cubiertas. Aunque esta información está fuertemente afectada por la atmósfera, es muy útil para que el intérprete entienda la información contenida en la fotografía aérea u otro tipo de datos de teledetección. En esta fase se pueden presentar problemas derivados de la influencia de la atmósfera, la escala de las imágenes de satélite y las fotografías aéreas en relación con la complejidad del terreno y la diferencia de tiempo entre el trabajo de campo y la fechas de adquisición de la imagen o la fotografía.

Las medidas de reflectividad pueden utilizarse para el análisis cuantitativo en los siguientes aspectos:

a) establecer relaciones entre reflectividad y características de la cubierta.

b) calcular las correlaciones entre la reflectividad medida sobre el terreno y la obtenida a partir de los niveles digitales (ND). De esta forma los datos pueden ser calibrados sin correcciones atmosféricas. Para realizar tal calibración es necesario utilizar varias parcelas de tamaño homogéneo y de reflectividades muy dispares; y realizar en cada una de ellas al menos entre 5 y 15 mediciones en fechas próximas a la adquisición de las imágenes. Experiencias con instrumentos aéreos y espaciales han demostrado que las calibraciones previas a la obtención de las imágenes no deben utilizarse (por ejemplo, Epema, 1990 para Landsat TM y el equipo EISAC para algunos instrumentos aerotransportados).

c) analizar datos multitemporales. Si se conoce la reflectividad sobre el terreno de diferentes lugares en distintas fechas se puede determinar en qué medida un cambio en la reflectividad puede deberse a un cambio en la propia superficie o en los factores externos como la atmósfera o el ángulo zenital solar.

d) revelar las causas de una reflectividad específica en pixels homogéneos o heterogéneos. Esto nos permitirá realizar una interpretación más fiable de los tonos de gris y colores de la imagen.

e) calibrar los resultados de modelos basados en valores de reflectividad.

f) detectar la influencia de cambios naturales o artificiales en la cubierta. Un ejemplo pueden ser la medida de reflectividad de una cubierta que se humedece y seca consecutivamente. Esta información puede ser muy útil para analizar imágenes de satélite u otro tipo de datos obtenidos a partir de la teledetección que presenten grandes diferencias en cuanto a su contenido en humedad.

g) comprobar modelos de reflectividad, tanto en la dirección del nadir como por lo respecta a la reflectividad direccional.

h) examinar la influencia de factores externos: en diferentes condiciones atmosféricas y con diferentes ángulos zenitales solares.

(iii) El Cropscan

El Cropscan es un radiómetro multispectral. Los filtros han sido seleccionados de tal forma que este instrumento realiza mediciones en las siguientes longitudes de onda: 0.49, 0.57, 0.67, 0.70, 0.74, 0.78, 0.87 y 1.05m . Este instrumento mide tanto la radiación incidente (en un campo de visión de 180 grados), como la reflejada (en un campo de visión de 28 grados) a partir de la superficie. La reflectividad se calcula dividiendo la radiación reflejada por la superficie entre la radiación incidente en las ocho bandas y multiplicando el resultado por un factor de calibración específico para cada banda. Los factores de calibración pueden determinarse antes de realizar la secuencia de mediciones o bien puede utilizarse un fichero de calibración estandar (CAL.DO).

El sistema está compuesto por un radiómetro con dos pares de ocho lentes, un convertidor analógico/digital y un ordenador Tandy 102. Este ordenador está equipado con un software para la lectura de los datos que cuenta con la posibilidad de enviarlos a un ordenador compatible. Están disponibles los siguientes programas: BASIC para manipulación de programas, TEXT para editar datos u otro tipo de ficheros, TELCOM para enviar los datos desde el Tandy al PC y viceversa, y los programas básicos TCODE.BA para inicializar el Tandy, CALIB.BA para determinar un nuevo fichero de calibración (CAL.DO) con las constantes de calibración, REFL%.BA para calcular directamente la reflectividad sin guardar los datos y MSRALL.BA para las mediciones normales. El fichero de calibración estandar (CAL.DO) está disponible normalente. Para intercambiar los datos con un ordenador compatible es preciso que éste contenga el GWBASIC

y los ficheros llamados GETM100.BAS y PUTM100.BAS.

(iv) Principales factores que influyen en la reflectividad

En este epígrafe se da una visión general de los principales factores que influyen en la reflectividad. Este capítulo se utiliza como conocimiento teórico básico y generalmente se lee antes y despues de realizar el ejercicio.

(v) Descripción de las características del terreno

En este epígrafe se explica el enfoque dado por Pouget y Mulders (1988). Sobre el terreno se utiliza una hoja más simplificada para describir las características de las cubiertas.

Ejercicios

(i) Mediciones sobre el terreno con el Cropscan y descripción de la cubierta

Para este ejercicio deber realizarse mediciones en, aproximadamente, unas diez parcelas sobre el terreno. La selección de las mismas debe basarse en las diferencias esperadas de reflectividad entre ellas. Asimismo, deberían incluirse tanto suelos desnudos como superficies cubiertas de vegetación. Resulta conveniente describir las principales características de las cubiertas seleccionadas.

- Ejercicio 1. Mediciones sobre el terreno con el Cropscan

En este ejercicio se describe el montaje del instrumento. De cualquier forma, éste es generalmente preparado por el instructor. Esta sección es únicamente una referencia para utilizar fuera de este curso. Además se dan instruccio-

nes de como realizar las mediciones sobre el terreno.

- Ejercicio 2. Descripción de la cubierta

Debe realizarse un informe que incluya la descripción de las principales características de las cubiertas. Para la realización de este ejercicio son necesarios una regla, compás, estimador de texturas, etc. Al finalizar el mismo se asume que el alumno sea capaz de responder a las siguientes preguntas:

1. ¿Hay alguna influencia de la altura a la que se realizan las mediciones sobre la cantidad de reflectividad emitida?

2. ¿Cuál es el diámetro sobre el terreno que es captado por el instrumento?

3. ¿En qué dirección se espera la mayor cantidad de reflectividad: en la dirección en la que el sol está a la espalda del observador o en la contraria?

4. ¿Es el área donde estamos realizando las mediciones una superficie heterogénea? Si la respuesta es afirmativa: ¿Cómo dividirías éste área en subareas y qué componentes describirías para cada una de ellas?

*(ii) Envío de datos desde el Cropscan/
Tandy al PC*

- Ejercicio 3. Importación de datos de reflectividad al PC

En este ejercicio se proporcionan los pasos necesarios para realizar la transferencia de datos. Por lo general es el instructor el que realiza esta transferencia.

(iii) Analisis de los datos con Symphony

Hay varias formas de analizar los datos. Nosotros empleamos el programa Symphony porque es relativamente fácil de utilizar y tiene una buena capacidad gráfica. En este epígrafe se describen los pasos necesarios para

llevar a cabo la tarea en Symphony. Los estudiantes tienen que realizar las curvas espectrales de los objetos medidos y los diagramas de dispersión con las bandas del rojo e infrarrojo próximo. Deben contestar a las siguientes preguntas:

1. ¿Con qué bandas del Cropscan se pueden discriminar los suelos desnudos de la vegetación?

2. ¿Por qué vemos la vegetación de color verde?

3. ¿Qué factores influyen en la reflectividad de los suelos desnudos? Especifica para cada factor si la reflectividad aumenta o disminuye en las distintas bandas del Cropscan y comenta las diferencias entre bandas.

4. ¿Por qué normalmente vemos el agua de color azul? ¿Por qué el agua que hemos medido no es azul? ¿Qué factores influyen en la reflectividad del agua?

LAS MEDIDAS DE REFLECTIVIDAD SOBRE EL TERRENO Y EL SENSOR LANDSAT TM

Durante el curso el procesamiento de imágenes se realiza con el programa Idrisi. Los estudiantes realizan una serie de procesos más o menos estandarizados sobre un área situada en los alrededores de Wageningen: diferentes visualizaciones con una y tres bandas (ecualización del histograma, expansión lineal, etc.), ejercicios con color, filtros y clasificación. Además se calculan los valores de reflectividad de distintos lugares a partir de los datos digitales del satélite. Una vez que se han extraído los datos digitales, se realizan los cálculos con el programa Symphony. La metodología y los parámetros utilizados para las cintas procesadas en Italia son descritos por Epema y Mulders (1992) y Epema (1992). Deben realizarse las curvas espectrales y

los diagramas de dispersión para los puntos seleccionados y compararlos con las primeras mediciones de reflectividad realizadas sobre el terreno.

Después de tres días dedicados al procesamiento de la imagen se lleva a cabo una salida de campo en la que se realizan observaciones de los puntos seleccionados en la vegetación, cultivos y suelos; y mediciones de reflectividad. Las relaciones entre ambas se discuten sobre el terreno. Es obvio que la discusión dependerá de la situación observada ese día. Algunos ejemplos de preguntas que se hacen sobre el terreno son: ¿Que color tendría en la imagen Landsat TM si el satélite pasará ahora?; ¿Qué tipo de suelo desnudo presentaría una reflectividad más elevada?; ¿Cabría esperar una influencia de la altura de la vegetación sobre la reflectividad?, si la respuesta es afirmativa ¿en qué bandas?.

LAS MEDIDAS DE REFLECTIVIDAD SOBRE EL TERRENO Y LAS FOTOGRAFÍAS AEREAS

El último día de trabajo de campo se realizan mediciones en algunas zonas específicas que mostraban patrones de comportamiento en las bandas del rojo e infrarrojo próximo en las fotografías aéreas. Estas mediciones se utilizan como repaso. Las distintas tonalidades de gris en las fotografías se comparan con las medidas de reflectividad obtenidas. Esta es una buena experiencia para que los alumnos expliquen, por ejemplo: por qué si los suelos desnudos presentan mayor reflectividad en el infrarrojo próximo que en el rojo, sin embargo en la fotografía obtenida en la banda roja el tono de gris es más intenso que en la fotografía infrarroja.

CONCLUSIONES

Las observaciones sobre el terreno son muy importantes en teledetección. Esto es válido tanto para aplicaciones educativas como de investigación. Las mediciones de reflectividad realizadas sobre el terreno, tal y como se describen aquí, constituyen una herramienta útil para un mejor entendimiento de la reflectividad. El autor considera que la realización de mediciones sobre el terreno proporciona una visión complementaria respecto a otros cursos, que no utilizan estos procedimientos.

REFERENCIAS

- Epema, G.F. y Mulders, M.A.** (1992): «Remote Sensing for landscape analysis», Apuntes de Clase, Publicación interna, Departamento de Geología y Ciencias de la Tierra, Universidad agrícola de Wageningen, Países Bajos.
- Epema, G.F.** (1990): «Determination of planetary reflectance for Landsat 5 Thematic Mapper tapes processed by Earthnet (ITALY)», *ESA Journal*, vol. 14, 101-108.
- Epema, G.F.** (1991): «Studies of errors in field measurements of bidirectional reflectance factor», *Remote Sensing of Environment*, vol. 35, 37-49.
- Epema, G.F.** (1992): «Spectral reflectance in the Tunisian desert», Thesis Agricultural University of Wageningen, 150 p.
- Milton, E.J.** (1987): «Principles of field spectroscopy», *International Journal of Remote Sensing*, vol. 8, nº 12, 1807-1827.
- Pouget y Mulders, M.A.** (1988): «Description of the land surface for correlation with remote sensing data», ISSS, comisión V, *Proceedings 5th symposium of the Working Group Remote Sensing*, Budapest, 153-158.