

DETERMINACIÓN DE ÁREAS NATURALES DEGRADADAS MEDIANTE DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN

A. ARQUERO, E. MARTÍNEZ y C. GONZALO

aarquero@fi.upm.es

Facultad de Informática (UPM) Campus de Montegancedo, 28660 Boadilla del Monte (Madrid)

RESUMEN: En el presente trabajo se ha desarrollado una metodología sencilla y rápida para localizar áreas de terreno naturales, que han sido degradadas por diferentes causas. Esta metodología se basa en la elección de un dominio espectral bidimensional (diagrama de dispersión), idóneo para la identificación de las áreas degradadas. Restricciones espectrales específicas para cada tipo de degradación, permiten una ubicación precisa de dichas áreas en el dominio espacial. Las degradaciones investigadas en este trabajo han sido: bosques quemados, cubiertas naturales suprimidas para su urbanización y cubiertas acuosas desecadas. Se han utilizado datos de imágenes LANDSAT TM. El método desarrollado facilita la selección adecuada de áreas de entrenamiento asociadas a zonas degradadas.

ABSTRACT: A simple and fast methodology to locate areas at natural land covers degraded by different causes, has been developed. This methodology is based on the selection of two-dimensional spectral domain (scattergram), suitable for the identification of this kind of areas. Specific spectral restrictions for each type of degradation allow their precise location in the spatial domain. The degradations investigated in this work have been: burnt forest, natural land covers suppressed for their urbanization and watery covers dried up. LANDSAT TM data have been used here. The developed method facilitates the appropriate selection of training areas associated to degraded zones.

Palabras clave: Diagramas de dispersión, áreas naturales degradadas, detección de cambios.

INTRODUCCIÓN

Los cambios en el tipo de uso de suelos de la cubierta terrestre vienen determinados por diferentes factores, siendo quizás los más significativos: el incremento urbanístico-residencial de las zonas cercanas a los grandes núcleos de población y los incendios forestales (Kondratyev, 1998). La evaluación de los efectos del primer factor implica un estudio temporal a largo plazo. Sin embargo, el estudio del cambio sufrido por determinadas cubiertas vegetales tras un incendio, puede realizarse, o bien en fechas muy cercanas a la del suceso, o bien transcurrido un tiempo lo suficientemente corto para que dicha cubierta no haya sido aún regenerada, bien sea de forma natural o bajo la intervención humana. La consecuencia de ambos factores es una degradación de las cubiertas vegetales. La estimación de los cambios sufridos por dichas cubiertas presenta un alto interés tanto desde un punto de vista medioambiental, como socio-económico. En el momento actual, la técnica mas utilizada para este tipo de estudios es la teledetección

(Bruzzone, 2000). En el presente trabajo se ha desarrollado una metodología, dentro de este marco, que se basa en el análisis e interpretación de imágenes multibanda Thematic Mapper, basada en el estudio de diagramas de dispersión. El objetivo de la misma es determinar, en un dominio espectral, de una forma precisa y rápida, las variaciones experimentadas por cubiertas vegetales degradadas, para su posterior ubicación en el dominio espacial.

METODOLOGÍA

La metodología propuesta en este trabajo se puede esquematizar en una serie de pasos descritos a continuación.

En primer lugar es aconsejable llevar a cabo un *análisis visual multitemporal* de las escenas disponibles. El número mínimo de escenas a comparar debe ser de dos, correspondientes a la misma época estacional. Esto permitirá una estimación previa y aproximada de la zona afectada por el cambio.

El siguiente paso consiste en realizar un estudio exhaustivo de los diferentes *diagramas de dispersión* bidimensionales, definidos por las distintas combinaciones de bandas espectrales TM (Arquero *et alii*, 1998). Este estudio permitirá definir el dominio espectral idóneo, donde la detección de los cambios experimentados por las cubiertas objeto de estudio, se manifieste de forma más patente.

Sobre el diagrama de dispersión seleccionado se deben *delimitar las regiones espectrales* donde se hayan identificado cambios entre el diagrama de dispersión pre y post degradación, para posteriormente ubicar los píxeles contenidos en tales regiones, en el dominio espacial. Este paso se ha llevado a cabo mediante las utilidades proporcionadas por la herramienta comercial de procesamiento de imágenes ERMAPPER 6.1. Dado que la proximidad espectral no implica necesariamente proximidad espacial, es bastante probable que como resultado del paso descrito anteriormente, los píxeles localizados en el dominio espacial no solo correspondan a las zonas de cambio. La eliminación de píxeles seleccionados y que no corresponden *a priori* a la zona degradada se realiza mediante la imposición de una restricción en el dominio espectral que dependerá del tipo de cambio que se quiera detectar. La determinación de estas restricciones se ha llevado a cabo mediante estudios heurísticos basados en algunos resultados encontrados en la literatura.

RESULTADOS

La metodología descrita en la sección anterior se ha aplicado para localizar y analizar diferentes casos de áreas naturales degradadas. Las características de cada una de estas áreas han determinado la selección del dominio espectral idóneo para la identificación de los cambios; así como las restricciones espectrales que permiten la identificación final de los píxeles asociados a la correspondiente degradación. La Tabla 1 muestra un resumen de estos aspectos para diferentes tipos de degradación de cubiertas naturales. Las dos primeras columnas muestran las cubiertas originales consideradas y sus correspondientes cubiertas degradadas, en la tercera se indica el dominio espectral idóneo y en la cuarta la restricción espectral aplicada.

<i>Cubierta original</i>	<i>Cubierta Degradada</i>	<i>Dominio Espectral</i>	<i>Restricción</i>
Bosque	B. quemado	B7-B4	B7/B4>2
Suelo natural	Suelo Urbanizable	B7-B1	B7/B1>1
Agua embalsada	Suelo Seco	B1-B4	B1/B4>1.3 B7>113 B5>134

Tabla 1. Características espectrales utilizadas para la localización de cubiertas naturales degradadas.

En este trabajo se van a mostrar de una forma detallada los resultados obtenidos al aplicar la metodología propuesta al tipo de cubierta denominado bosque en la Tabla 1. Para ello se ha seleccionado una misma escena (324 x 375 píxeles) de dos imágenes Landsat-7 TM, correspondientes a la imagen 201/32, de fechas 20 de agosto de 1999 y 22 de agosto de 2000. Como paso previo al estudio se ha llevado a cabo la referenciación de la segunda respecto a la primera. El área de estudio está situada en la zona oeste de la Comunidad de Madrid, donde se presentan tres grandes unidades de paisaje: montañas, llanuras de piedemonte y campiñas. Hay diversidad de formaciones vegetales debido a sus características climatológicas y de relieve, así como a la combinación de zonas profundamente humanizadas (términos municipales de El Escorial y San Lorenzo de El Escorial) con otras que conservan bastante bien su estado primitivo (monte Abantos, Silla de Felipe II, embalse de Valmayor). El motivo de seleccionar esta zona y las fechas indicadas ha sido el incendio que tuvo lugar el día 20 de agosto de 1999, en el monte Abantos a partir de las 15 horas. La imagen registrada el día 20 de agosto de 1999 proporciona una información muy veraz de las clases temáticas presentes en la escena previamente al incendio. Estas clases temáticas han sido identificadas mediante supervisión de campo y etiquetadas como: *agua, caduco* (vegetación caduca), *matorral, pinar, suelo* (suelo desnudo) y *mixto*. La escena del 22 de agosto de 2000, sirve para evaluar los cambios sufridos por las cubiertas afectadas un año después, ya que en este corto periodo de tiempo aún no se había procedido a la reforestación de la zona.

Como resultado del análisis visual de la imagen preincendio se puede concluir que la zona afectada no era uniforme en su contenido vegetal boscoso, ni especialmente densa, lo que se ha ratificado mediante el estudio de las firmas espectrales de píxeles representativos de la zona. La comparación visual de las dos escenas permite una clara, aunque previa, localización de la zona afecta-

da. En la Figura 1 se muestra la banda TM5 de la escena post-incendio, en la que se ha delimitado manualmente dicha zona.

El estudio de los diferentes diagramas de dispersión bidimensionales, para este caso, ha mostrado que el dominio espectral, donde se manifiestan de forma más notable los cambios experimentados por la escena, está definido por las bandas TM7 y TM4.

Las Figuras 2 y 3 muestran los correspondientes diagramas de dispersión para las dos escenas estudiadas. Se pueden apreciar ligeras variaciones en la distribución del número de píxeles asociados a algunos puntos del dominio espectral. Sin embargo, la diferencia más sobresaliente es la aparición de una «rama» en el diagrama de dispersión de la imagen post-incendio. Los píxeles contenidos en esta «rama» han sido seleccionados en el dominio espectral, para posteriormente ser localizados en el dominio espacial, como se muestra en la Figura 4.



Figura 1. Visualización de la banda TM5 de una escena LANDSAT-7 TM del oeste de la Comunidad de Madrid del 22 de agosto de 2000, con la zona afectada por el incendio delimitada.

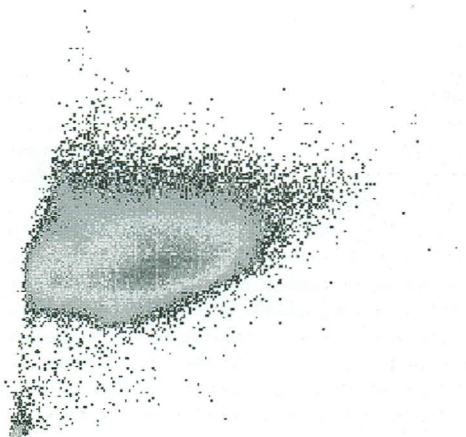


Figura 2. Diagrama de dispersión TM7-TM4 de la escena del 20 de agosto de 1999.
(Ver figura en color en la página 670)

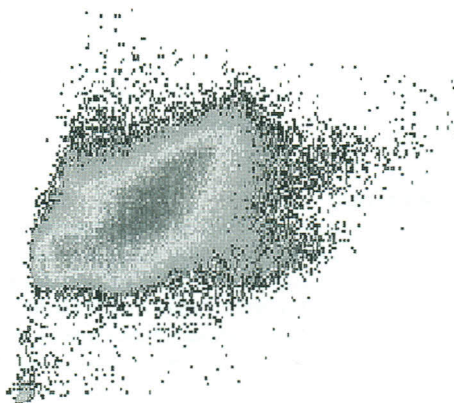


Figura 3. Diagrama de dispersión TM7-TM4 de la escena del 22 de agosto de 2000.
(Ver figura en color en la página 670)

Como ya se había anticipado, en la Figura 4 se puede observar que los píxeles localizados en el dominio espacial no solo corresponden a las zonas de cambio. La restricción espectral que se ha utilizado para eliminar aquellos píxeles que habiendo sido seleccionados en el dominio espectral no corresponden a la zona afectada, ha sido $B7/B4 > 2$, como se ha mostrado en la cuarta columna de la Tabla 1. La determinación de esta relación se ha basado en estudios previos aplicados a los tipos de cubierta considerados en este trabajo (Jakubauskas *et alii.* 1990); así como, en el estudio de

las firmas espectrales de las cubiertas naturales implicadas en nuestro trabajo (Figura 5).

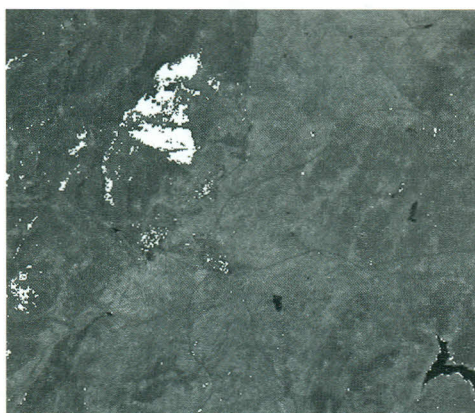


Figura 4. Visualización de la banda TM4 de la escena del 22/08/2000 con los píxeles seleccionados en el dominio espectral resaltados.

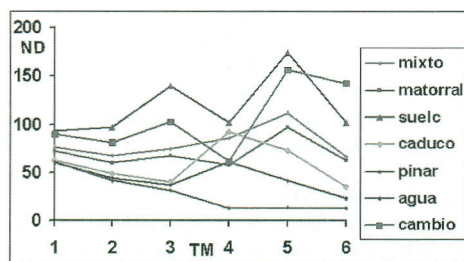


Figura 5. Firmas espectrales medias de las clases temáticas presentes en la escena de 22/08/2000. (Ver figura en color en la página 671)

Se puede observar en la Figura 5 que la firma espectral asociada a la clase denominada *cambio*, definida por los píxeles ubicados dentro de la zona afectada y seleccionados en el dominio espectral, presenta un perfil muy diferente a cualquiera de las restantes clases temáticas consideradas, caracterizándose por su elevado valor en TM7, así como una relación entre los valores en TM7 y TM4 próxima a 2, mientras que para las restantes clases esta relación es considerablemente inferior a 2. Por lo que imponiendo que $B7/B4$ sea mayor que 2, se están descartando todos aquellos píxeles que no correspondan a esta clase. La aplicación de esta restricción en el dominio espectral ha reducido considerablemente el área seleccionada en el dominio espacial. En la Figura 6 se puede observar, como los píxeles finalmente

seleccionados se ajustan mayoritariamente al área afectada por el cambio, mostrando una cierta discontinuidad espacial que ratifica la heterogeneidad vegetal de la zona boscosa identificada en la imagen pre-incendio.



Figura 6. Visualización de la banda TM4 de la escena del 22/08/2000 con los píxeles identificados como *clase cambio*.

A continuación, se va a mostrar que la metodología desarrollada, no solamente permite una fácil y precisa identificación de los píxeles asociados al cambio, sino que además, va a permitir obtener información sobre el tipo de cubierta original de dichos píxeles. Para ello se han seleccionado áreas de entrenamiento en la imagen post-cambio de todas las cubiertas terrestres identificadas en dicha imagen, incluyendo la clase *cambio*.

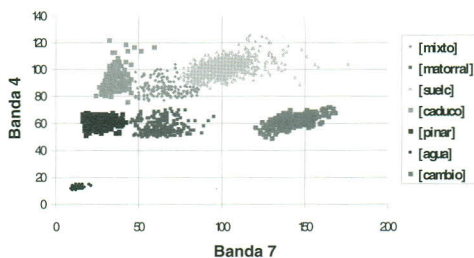


Figura 7. Diagrama de dispersión de las áreas de entrenamiento de la imagen del 2000. (Ver figura en color en la página 671)

La Figura 7 muestra el diagrama de dispersión (TM7-TM4) de las áreas seleccionadas. Posteriormente

se han localizado exactamente las áreas de entrenamiento elegidas para la imagen del año 2000, sobre la escena del año 1999. El diagrama de dispersión en este caso (Figura 8), muestra que los píxeles etiquetados como *cambio* en la Figura 7, están situados en zonas con la respuesta espectral correspondiente a píxeles de las clases etiquetadas como *pinar* y *matorral*.

A la vista del diagrama representado en la Figura 8, se puede estimar que el mayor porcentaje de procedencia de los píxeles que han sufrido el cambio corresponde a la clase *pinar*, hecho que se ha confirmado en supervisión de campo en ambas fechas de registro de imagen.

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha mostrado la potencial capacidad de los diagramas de dispersión para localizar de una forma rápida y precisa áreas naturales que han sufrido algún tipo de degradación, como pueden ser zonas de bosques quemados, cubiertas naturales suprimidas para su urbanización y cubiertas acuosas desecadas. Los resultados obtenidos han constatado que hay dos aspectos decisivos en la metodología desarrollada. El primero es la determinación del dominio espectral, donde se define el diagrama de dispersión óptimo, para localizar cada tipo de degradación. Y el segundo es el establecimiento de una restricción espectral para su exacta ubicación en el dominio espacial. La bondad del método ha sido mostrada en este trabajo para el primer tipo de degradación. Además, se ha constatado que la zona degradada provenía mayoritariamente de las áreas etiquetadas como *pinar* y *matorral*. Para ello, se ha llevado a cabo supervisión de campo y se ha puesto a punto un método de localización de áreas seleccionadas en la escena post-degradación sobre la escena pre-degradación.

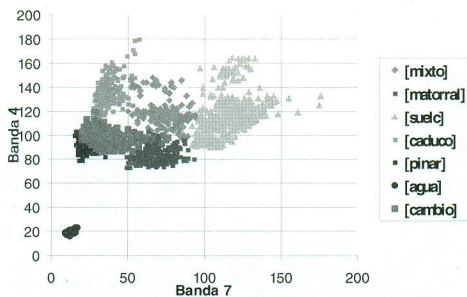


Figura 8. Diagrama de dispersión de las áreas de entrenamiento de la imagen de 2000 situadas sobre la imagen de 1999.

(Ver figura en color en la página 671)

BIBLIOGRAFÍA

- ARQUERO, A.; GONZALO, C.; MARTÍNEZ, E. y FERRERAS, A. 1998. *Mapping* 50, 56 -58.
- BRUZZONE, L. and FERNÁNDEZ PRIETO, D. 2000. *IEEE Trans. Geosc. Rem. Sensing*, 38(3), 1171-1182.
- JAKUBAUSKAS, M. E., LULLA, K. P. y MAUSEL, P. W. 1990. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 56 (3), 371-377.
- KONDRATYEV, K. Y. 1998. *Multidimensional Global Change*, Wiley & Sons,.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido desarrollado dentro del marco del proyecto TIC99-0930, subvencionado por la CICYT.