

ESTUDIO DE LA REGENERACIÓN POST-INCENDIO DEL ECOSISTEMA FORESTAL MEDITERRÁNEO MEDIANTE IMÁGENES LANDSAT

M. PASCUAL y V. MORENO

spascualc@indra.es

*Departamento de Teledetección, INDRA Espacio.
C/ Mar Egeo, nº 4. 28830 San Fernando de Henares, MADRID.*

RESUMEN: El análisis de la regeneración de los ecosistemas forestales afectados por un incendio, es posible mediante el estudio de la variación temporal del índice de vegetación extraído de imágenes Landsat. Al comparar el valor del NDVI de las especies afectadas después del incendio, con el que deberían tener por su tendencia natural, podemos llegar a conclusiones sobre el estado y evolución de dichas especies. Si se cuenta con varias imágenes del periodo de estudio, se puede llegar a modelizar una serie temporal con la variación del índice de vegetación y obtener así una ley de comportamiento de regeneración.

ABSTRACT: It is possible to study the regeneration of the ecosystems affected by a forest fire, from the temporal variation of the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), extracted from Landsat images. Comparing the NDVI of affected species after the fire with the value that they should have due to their natural trend, we can extract conclusions about the state and evolution of these species. If we have several images of the period of study, we can build a temporal series with the variation of the vegetation index and to obtain a law of behaviour of the regeneration

Palabras clave: Landsat, teledetección, clasificación supervisada, índice de vegetación, regeneración.

INTRODUCCIÓN

Cada año, millones de toneladas de bosque y sabana son destruidos en todo el mundo, desapareciendo con ello muchos animales y especies de plantas. Las causas principales son la deforestación y los incendios, ambos como resultado de la actividad humana. Esta drástica reducción de los bosques supone un gran efecto sobre los ecosistemas, tanto a nivel regional como global. Un árbol, elemento que compone el ecosistema forestal, tarda en formarse entre docenas y cientos de años, sin embargo, su destrucción por incendios o talas, puede llegar a producirse en tan sólo unos minutos.

Durante los últimos 20 años los incendios forestales han aumentado en España, y muy especialmente en su región mediterránea, suponiendo pérdidas humanas y propiedades. Estas zonas son muy vulnerables al fuego debido a su riqueza en maleza y monte bajo y a las escasas lluvias de verano.

Las causas naturales son el principal motivo de los fuegos debido a la combustión espontánea de la vegetación seca a lo que hay que añadir la habilidad de los mismos de confirmarse a medida que van creciendo. No podemos dejar de considerar los numerosos incendios provocados durante todos los veranos.

Después de una estación seca, el suelo es rico en ramas y leña menuda y en otro tipo de biomasa seca. Esto representa una acumulación peligrosa de material combustible. Además, los campos de cultivo abandonados también pueden resultar un riesgo.

La prevención y una temprana respuesta son las herramientas para reducir el enorme coste de vidas y vegetación producido por los daños del fuego.

El fuego se revela como el principal factor destructor de la cubierta vegetal y es especialmente grave por la enorme fragilidad del territorio español, con sus elevadas tasas de erosión, sus pronunciadas pendientes, sus escasos suelos productivos y su gran extensión sometida a precipitaciones irregulares y escasas.

ZONA DE ESTUDIO

Con el presente trabajo pretendemos estudiar la regeneración de distintas especies vegetales afectadas por un incendio en la zona de la Sierra de Aitana, al norte de Villajoyosa, en la provincia de Alicante, como un ejemplo de aplicación de las técnicas de Teledetección Espacial (mediante el uso de sensores instalados sobre plataformas espaciales) en la gestión de los recursos forestales. Estudiamos además, un incendio secundario situa-

do en el Alto de la Peña de Sella, también en la Sierra de Aitana.

Dicho estudio de regeneración se ha realizado a partir del análisis multitemporal de un índice de vegetación, concretamente, a partir del NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizado).

También hemos elegido otras zonas de la misma escena no afectadas directamente por ningún incendio para estudiar su tendencia natural, en función de las características climáticas de la zona, en el periodo de tiempo analizado y obtener conclusiones que podrían relacionarse con el clima de la zona y con la meteorología de dicha época.

Nuestro objetivo es doble:

- Distinguir las diferentes coberturas afectadas.
- Evaluar el proceso de regeneración de las especies vegetales afectadas por un incendio

El área de estudio presenta las características típicas de las montañas costeras mediterráneas, cubiertas principalmente por *Pinus Halapensis* y varios tipos de matorrales.

El clima está influenciado por el mar Mediterráneo. Episódicas y muy intensas tormentas son comunes durante el otoño, precedido por una severa sequía durante el verano.

El peligro de incendio está muy relacionado con la velocidad y dirección del viento. La mayor incidencia está asociada con los vientos del oeste (continentales y muy secos).

MATERIAL Y METODOLOGÍA

Como todo trabajo en el que se utilicen imágenes de satélite, supone, en primer lugar, la selección del sensor a utilizar y la época de adquisición. Estos dos aspectos están condicionados por la información que se pretende obtener y la escala de trabajo. En nuestro caso, hemos utilizado las escenas 199/33 y 198/33 obtenidas por el sensor "Thematic Mapper" (TM) de los satélites Landsat-5 y Landsat-7, dentro de la cual hemos tomado una subescena de aproximadamente 7500 hectáreas, comprendida entre las coordenadas UTM:

ULX: 728786 ULY: 4283042
LRX: 738266 LRY: 4275242

Como se trata de un estudio multitemporal, las fechas elegidas coinciden con la situación antes, durante y después del incendio. Éstas son:

28-08-1984 (199/33)
23-07-1991 (199/33)
18-07-1995 (198/33)
12-08-1995 (199/33)
15-08-1999 (199/33)

La fecha del incendio de la Sierra de Aitana coincide con la imagen del 12/08/95. Las imágenes del 84 al

95 pertenecen al satélite Landsat-5, mientras que la imagen del 99 corresponde al Landsat-7.

El incendio de la Sierra de Aitana, objeto de nuestro estudio, se observa en la imagen del 12 de Agosto de 1995 (figura 1). Analizaremos además un incendio secundario, también observado en esta imagen (zona derecha), ocurrido aproximadamente unos días antes en la Sierra del Alto de la Peña Sella.



Figura 1: Imagen Landsat de la zona de estudio del 12/08/95 con el contorno del incendio.
(Ver figura en color en la página 671)

Una vez corregidas las imágenes, geométrica y radiométricamente, generamos el índice de vegetación. Dentro de las distintas posibilidades, hemos elegido el NDVI (Índice de Vegetación Normalizado) calculado a partir de las reflectividades en el rojo y en el infrarrojo próximo, en forma de cociente (figura 2). Es decir,

$$NDVI = \frac{(IRP - R)}{(IRP + R)}$$



Figura 2: NDVI de la imagen del 12/08/95.

Sus valores varían entre -1 y $+1$, y representan de menor a mayor, la vigorosidad de la vegetación que cubre las distintas superficies de la zona de estudio.

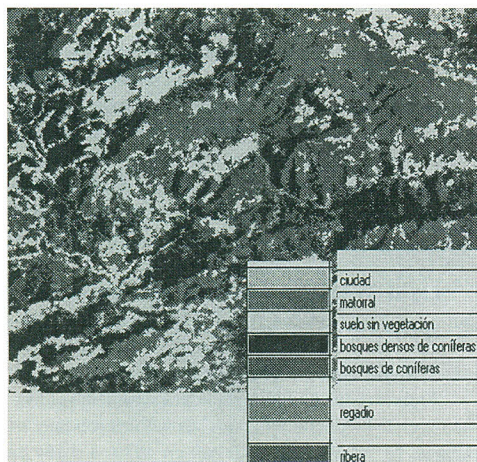


Figura 3: Imagen clasificada donde distinguimos las coberturas a estudiar.

(Ver figura en color en la página 671)

Una vez generado el índice de vegetación para todas las fechas disponibles, realizamos una clasificación digital para discriminar las distintas especies a las que han afectado los incendios, para así poder tener un conocimiento de la regeneración de cada una por separado. Hemos utilizado un método supervisado, donde para ello, hemos definido en la escena del año 1991 (ya que queremos conocer las distintas coberturas existentes antes de los incendios, es decir, las posibles coberturas afectadas), una serie de parcelas de las que conocemos su pertenencia a las clases establecidas a partir de una fotointerpretación de la imagen multispectral de 1991. Estas áreas corresponden a bosques de coníferas, bosques de coníferas más densos, matorral, ciudad y vegetación de ribera (figura 3).

El análisis de separabilidad tiene en cuenta la discriminación de las categorías establecidas como clases, basándonos en su diagrama de firmas espectrales.

ANÁLISIS DE LA REGENERACIÓN

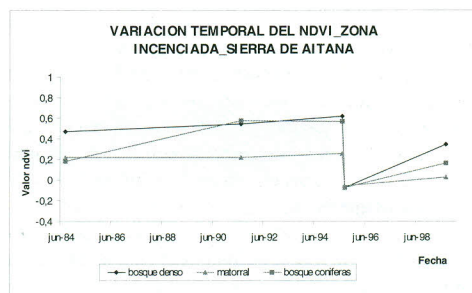


Figura 4: Variación del NDVI para las clases afectadas por el incendio.

Del análisis realizado en la zona incendiada, se observa que las pendientes de las rectas son mayores después del incendio que antes del mismo. Esto no debe llevarnos al error de pensar que el grado de regeneración es alto y que la tendencia de crecimiento del NDVI es ahora mayor (figura 4).

Además, tenemos que tener en cuenta, que el valor del NDVI después del incendio no corresponde a la especie quemada. Es decir, algo que inicialmente era bosque, ahora corresponde a arbustos (que están empezando a crecer), y sería engañoso entonces, comparar ambos índices de vegetación.

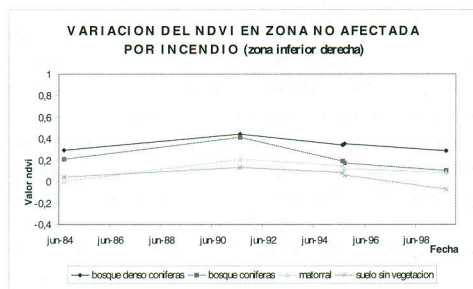


Figura 5: Variación del NDVI para las clases no afectadas por el incendio.

Del estudio de las zonas limítrofes al incendio podremos obtener la tendencia natural del índice de vegetación de las distintas especies, que se verá afectado por la climatología de la zona y por la meteorología de esos años (figura 5).

En la gráfica puede verse que los bosques de coníferas, tanto los más densos como los menos, después del crecimiento y decrecimiento observado, acaban teniendo

do aproximadamente el mismo NDVI que en 1984, fecha inicio del estudio.

El matorral y el suelo sin vegetación son las clases que más afectadas se han visto, en este caso, por la sequía ocurrida en España entre 1991 y 1995; alcanzando valores casi nulos e incluso negativos el NDVI en 1999. Son las especies que pierden más vigorosidad.

De las gráficas siguientes ya podemos tener una idea del grado de regeneración alcanzado por cada especie concreta, ya que estas presentan en 1999 un NDVI menor del que deberían tener por su evolución natural. Es decir, el grado de regeneración nos lo dará la diferencia entre el índice de vegetación natural y el que realmente tienen las especies en 1999, debidos al incendio (figura 6).

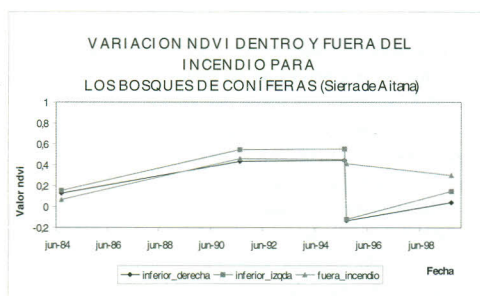


Figura 6: Comparación del NDVI natural con el inducido por el incendio.

Dentro de estas gráficas, además de diferenciar una determinada clase, hemos diferenciado dos zonas distintas del incendio. En nuestro caso, el área ocupada por ambos incendios es relativamente pequeña y no es de esperar grandes variaciones; pero en un incendio mayor, el comportamiento entre dos zonas distintas puede ser diferente (zonas a solana y zonas a umbría, zonas cercanas a acuíferos subterráneos, etc.). Es decir, que las diferentes zonas del incendio pueden presentar niveles de regeneración distintos. Este tipo de estudio puede

llevar a un análisis del avance de la desertización de una zona, ya que pueden existir zonas dentro del incendio que no lleguen a regenerarse.

CONCLUSIONES

Los bosques de coníferas tienen el mismo comportamiento en las zonas estudiadas. No se llega a alcanzar el valor del NDVI natural, aunque se aproximan bastante a él, sobre todo la zona inferior izquierda. Es decir, esta última zona habría alcanzado un nivel de regeneración un poco mayor que la zona inferior derecha. El índice de vegetación natural es mayor en 1999 que en 1984, pasando de 0.068 a 0.299, a pesar de la disminución sufrida aproximadamente en 1995.

Las dos zonas de bosque denso de coníferas, no llegan a alcanzar valores del índice de vegetación cercanos a los que inicialmente tenían en 1984, estando además, bastante alejados del valor natural.

Ambas zonas han alcanzado prácticamente el mismo nivel de regeneración, pues sus valores son muy similares. El NDVI pasa de 0.369 en 1984, a 0.454 en 1999, a pesar del decrecimiento observado en la imagen de 1995.

El matorral en los 4 años posteriores al incendio, llega a alcanzar valores próximos al NDVI natural, aunque siempre por debajo del valor que inicialmente tenían en 1984.

No hay diferencias apreciables entre las dos zonas seleccionadas dentro del incendio, ya que sus valores son muy similares.

Según los resultados obtenidos, el matorral se habría regenerado a lo largo de estos 4 años.

BIBLIOGRAFÍA

- F. J. SALAS y E. CHUVIECO 1995. *Aplicación de imágenes Landsat-TM a la cartografía de modelos combustibles*.
- PINILLA, C. 1995. *Elementos de teledetección*. Ra-ma. Madrid.
- CHUVIECO, E. 1997. *A review of remote sensing methods for the study of large wildland fires*.