

## Obtención de series multitemporales de imágenes de NDVI para el seguimiento de los cambios en la vegetación. Aplicación a las actualizaciones cartográficas.

A. Fernández-Palacios<sup>(1)</sup>, J. M. Moreira<sup>(2)</sup>, A. Ramos<sup>(3)</sup> y M.D. Zamorano<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Servicio de Planes y Programas. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Avda. Manuel Siurot nº 50, 41071 Sevilla. [arturo.fernandezpalacios@juntadeandalucia.es](mailto:arturo.fernandezpalacios@juntadeandalucia.es).

<sup>(2)</sup>Servicio de Información y Evaluación Ambiental. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Avda. Manuel Siurot 50, 41071 Sevilla. [sviea.dgpia.cma@juntadeandalucia.es](mailto:sviea.dgpia.cma@juntadeandalucia.es), [lola.zamorano.ext@juntadeandalucia.es](mailto:lola.zamorano.ext@juntadeandalucia.es).

<sup>(3)</sup>Servicio de Gestión del Medio Natural. D.P. Sevilla. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Avda. de la Innovación s/n, 41020 Sevilla. [angeles.ramos@juntadeandalucia.es](mailto:angeles.ramos@juntadeandalucia.es).

### Resumen

En el presente trabajo, se ha desarrollado una metodología para la detección de ciertos cambios en la vegetación a partir de series multitemporales de NDVI, obtenidos con imágenes Landsat TM.

Se ha pretendido con la aplicación de este método, agilizar los trabajos de actualización cartográfica, en una región de tan vasta extensión como es la Comunidad Andaluza con unos 87.597 Km<sup>2</sup>.

La base del método desarrollado, es la normalización de coberturas de NDVI obtenidas a partir de imágenes Landsat TM, utilizando una cobertura de la región de una fecha determinada, como referencia. Con esto se pretende conseguir la comparabilidad de los datos para distintas fechas.

Una vez determinadas las zonas de cambio, puede utilizarse como información complementaria para las actualizaciones cartográficas de inventarios y mapas de vegetación.

Se obtienen resultados satisfactorios, sobre todo teniendo en cuenta la sencillez y operatividad del método. Cabe también destacar la aplicabilidad de una metodología con estas características en la Administración Regional, donde se requieren sistemas que permitan dar respuesta de una forma viable tanto temporal como económicamente ante cambios tan dinámicos, como pueden ser los del recurso vegetación.

PALABRAS CLAVE: Landsat TM, NDVI, Multitemporal, Comparabilidad, Normalización.

### 1. Introducción y objetivos

La Teledetección, entendida como el conjunto de técnicas para obtener información a partir de imágenes de satélite, constituye hoy día un importante instrumento al servicio del medio ambiente.

A lo largo del último decenio, las imágenes procedentes de sensores espaciales han contribuido a realizar inventarios y seguimiento de múltiples parámetros de interés ambiental, jugando un papel insustituible como fuente de datos de elementos sometidos a una intensa dinámica temporal y de todos aquellos procesos que requieran una puesta al día con alta periodicidad.

Entre las diferentes temáticas, la vegetación, por su interés específico para la gestión del medio ambiente, ha ocupado un lugar destacado. En ese sentido, las imágenes Landsat-TM han sido la fuente de información fundamental para la elaboración de la serie de cartografías digitales de Usos y Coberturas Vegetales del Suelo (1991-95-99-2003) a escala de semidetalle, que permiten evaluar los cambios que se producen en Andalucía con una cadencia cuatrienal. Igualmente relevantes han sido otros proyectos orientados a obtener indicadores de seguimiento del estado de la vegetación. En estos trabajos, desde un organismo como es la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, se persigue obtener visiones sintéticas e integradoras de la evolución de las cubiertas vegetales, ante distintas problemáticas ambientales. Este seguimiento es facilitado en una región de gran superficie como es la Comunidad Andaluza, contando con los datos provenientes de series de imágenes de media o baja resolución espacial, y que se adquieren con alta periodicidad.

En los últimos años una serie de avances en la disponibilidad operativa de imágenes de alta resolución espacial, y el incremento de las potencialidades de tratamiento digital, han posibilitado el desarrollo de nuevas aplicaciones que, frente a las anteriores, van a estar más próximas a las necesidades de la gestión a escala de detalle. El presente artículo se centra en describir un método que se viene llevando a cabo en la Consejería de Medio Ambiente, destinado a mejorar los procesos

de inventario de la vegetación, y a hacer accesible al gestor documentos y evaluaciones relativas a este recurso, hasta ahora imposibles para las técnicas convencionales.

El objetivo principal de este trabajo ha sido la obtención de una herramienta de apoyo para el gestor de la Administración Andaluza, para el seguimiento, inventario y cartografía del recurso vegetación.

## **2. Antecedentes**

### **2.1. La vegetación, un recurso complejo**

La vegetación constituye uno de los elementos del medio físico de mayor trascendencia para la gestión ambiental. Por un lado se trata de un recurso con un valor intrínseco, a cuya conservación se consagran numerosas actuaciones. Por otro lado, la cubierta vegetal juega un papel decisivo para el adecuado mantenimiento de otros muchos recursos (fauna, suelos, paisaje). Además, de su correcto conocimiento dependen actividades como la gestión cinegética, la prevención de incendios forestales, la planificación de los espacios naturales protegidos o la evaluación de impacto ambiental, entre otras.

La cartografía de las cubiertas vegetales ha sido siempre una tarea sumamente compleja, lo cual explica la deficiente información sobre este recurso con la que tradicionalmente se ha contado. Una de las causas que dan lugar a esta complejidad, es el marcado carácter dinámico de la cobertura vegetal, la cual se halla en continua transformación ante fenómenos como los incendios forestales, las roturaciones o los tratamientos selvícolas. [1]

### **2.2. Las series multitemporales de Landsat TM**

En el contexto anterior, la principal metodología desarrollada, ha sido la que persigue la elaboración de series multitemporales de índices de vegetación a partir de imágenes Landsat-TM. Estos índices son imágenes sintéticas, calculadas mediante combinaciones algebraicas de distintas bandas, cuya resultante va a permitir obtener una nueva imagen con valores relacionados con parámetros de coberturas vegetales: densidad, índice de área foliar y actividad clorofílica.

La Dirección General de Participación e Información Ambiental de la Consejería de Medio Ambiente, a través del Servicio de Información y Evaluación Ambiental, ha desarrollado un método con la finalidad de producir series temporales de estos índices de vegetación con cobertura de toda la Comunidad Autónoma, cuyos valores presentan la

ventaja de ser comparables entre sí en el espacio y en el tiempo.

En los últimos años estos índices se vienen produciendo con una cadencia de tres coberturas anuales de la región (primavera, verano y principios de otoño).

Paralelamente se han diseñado procedimientos de explotación de estas series para la gestión de aspectos relativos a la cobertura vegetal.

## **3. Material y método**

### **3.1. Imágenes Landsat TM**

Para la realización de estos trabajos se ha dispuesto de tres coberturas completas de la región andaluza de ortomágenes Landsat 5 sensor Thematic Mapper (TM).

Cada cobertura está compuesta por ocho escenas flotantes Landsat TM con referencias 199-34, 200-33, 200-34, 201-33, 201-34, 201-35, 202-34, y 203-34. Las fechas de captura de las escenas con primavera, verano y principios de otoño.

### **3.2. Corrección geométrica**

La corrección geométrica de las imágenes se lleva a cabo mediante funciones polinómicas de segundo grado.

Los puntos de control se obtienen de la base de datos de estos puntos de que dispone la Consejería de Medio Ambiente.

El Modelo Digital del Terreno utilizado es el obtenido a partir de vuelo fotogramétrico en la Consejería de Medio Ambiente, con una malla de 20 m.

El Sistema Geodésico de Referencia es ED-50 y proyección UTM.

El método de restitución empleado es el de vecino más próximo, con un error medio cuadrático máximo permitido de 1 píxel.

### **3.3. Obtención de Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)**

Una vez corregidas geoméricamente, las imágenes son convertidas a valores de radiancia, y posteriormente de reflectividad aparente.

A partir de las imágenes de reflectividad de las bandas del Infrarrojo Cercano (NIR), y Rojo, se obtiene la imagen de NDVI.

### **3.4. Normalización de las imágenes**

Para esta etapa se han utilizado como imágenes de referencia una cobertura de Andalucía compuesta por ocho escenas, correspondiente al verano del año

1999 y convertidas de igual forma a la descrita anteriormente a valores de NDVI. Previamente esta cobertura había sido corregida radiométricamente, con la utilización de valores tomados con radiómetro en campo, en la misma fecha y hora de captura de la imagen.

Las imágenes de NDVI obtenidas en la fase anterior son referenciadas con respecto a la misma escena de la cobertura de referencia.

Esta normalización se lleva a cabo mediante análisis de regresión, entre datos obtenidos en parcelas con coberturas estables (agua, arenas, vegetación homogénea). De estas parcelas se toman los valores de ventanas de 3x3 píxeles puros de la cobertura en cuestión.

De esta forma se consiguen referenciar los valores de NDVI de la misma escena de dos fechas distintas, haciendo posible la comparación de los datos e información obtenida de las mismas.

#### 4. Discusión

Una de las principales aportaciones de estos productos en el ámbito del seguimiento de la vegetación ha consistido en suministrar datos, para la totalidad del territorio andaluz, con un detalle espacial de 30 metros en distintos periodos del año (Figura 1). Con ello se da respuesta al problema derivado del complejo patrón espacial propio de la cubierta vegetal, pues la información es continua a ese nivel de detalle, ofreciendo una visión pseudoinstantánea del estado del recurso, algo hasta el momento impensable para el resto de fuentes de información. De igual manera es relevante su capacidad de generar estas coberturas con repetitividad, y de forma operativa en términos de tiempo de respuesta y de costes económicos. Con ello se incrementa la información sobre aspectos de este recurso sometidos a una dinámica intensa (cambios de densidad, roturaciones, rozas, etc) o tipologías vegetales que requieren fechas muy específicas para su análisis (pastizales, periodos de encharcamiento en formaciones de zonas húmedas, etc). Una última aportación estriba en el carácter cuantitativo de estos índices, el cual hace posible la automatización de su tratamiento, con la consiguiente rapidez de respuesta, a la vez que permite establecer diferencias cuantificables[2].

En otro contexto, una de las principales aplicaciones que ofrecen estas series es la ayuda que ofrecen para el control de calidad de la producción de cartografía de vegetación (Figura 2). Mediante estas imágenes se pueden detectar errores de interpretación de forma automática, a partir de sencillos algoritmos aplicados a nivel de polígono (formaciones densas con bajos niveles de índices de

vegetación o viceversa, pastizales con niveles bajos en primavera y altos en verano, etc). Esta aportación resulta especialmente interesante para la Consejería de Medio Ambiente en los momentos actuales en los que se halla produciendo una base cartográfica de vegetación a escala 1/10.000 (Figura 3).

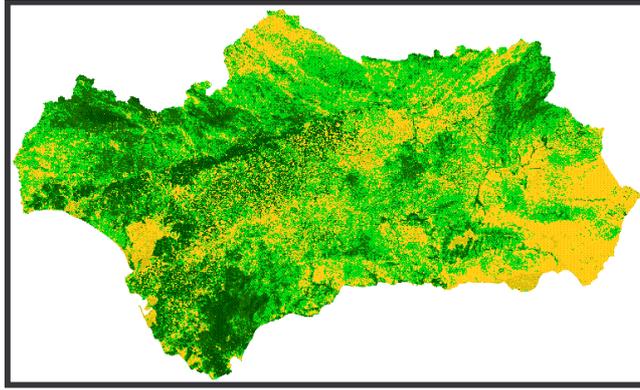
Por otro lado actualmente existen otras aplicaciones en fase de estudio, entre las que cabe destacar la caracterización multianual de formaciones herbáceas, a partir de la medición de los valores alcanzados por los índices en distintos años en fechas similares. La información resultante podría ser de gran interés en el campo de las actividades relacionadas con el seguimiento coyuntural de los pastos (gestión cinegética, planes de conservación de especies de fauna, determinaciones de carga ganadera, etc) [3]. Otro campo de estudio es la detección automática de cambios en la vegetación natural. Ésta última aplicación se pretende juegue un gran papel en la tarea de puesta al día de los mapas de vegetación 1/10.000, pues la principal limitación de este documento reside en su elevado coste en trabajos de campo, los cuales impiden su revisión en plazos de tiempo operativos. Con los resultados de este método se pretenden identificar de forma automática las áreas donde se han producido cambios, y a partir del análisis de éstos, planificar y realizar las imprescindibles visitas sobre el terreno de una forma selectiva (Figura 3).

#### 5. Conclusiones

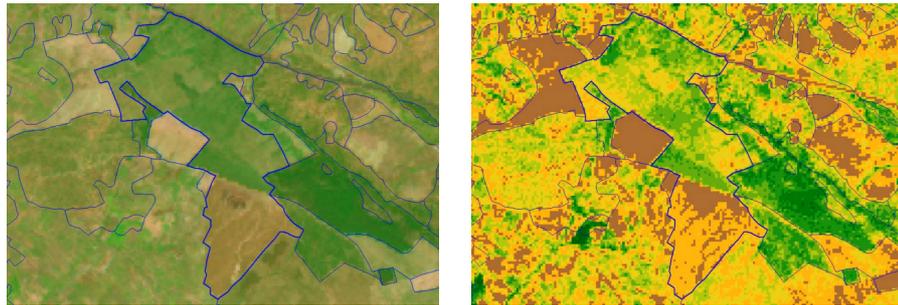
Como conclusión final, una vez hecho el análisis y discusión anterior, cabe destacar dos aspectos. Por un lado es factible el acercamiento de la "verdad-terreno" a la información captada por la imagen de satélite. Por otro lado este acercamiento a la escala de toma de decisiones del gestor significará una aproximación de los nuevos métodos a sus necesidades.

#### 6. Referencias

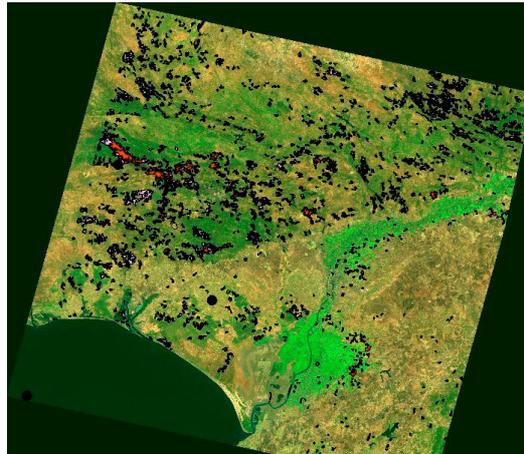
- [1] Rogan, J. et al. "A comparison of methods for monitoring multitemporal vegetation change using Thematic Mapper imagery" *Remote Sensing of environment* 80 (2002) 143-156.
- [2] Furby S.L., and Campbell, N. A. "Calibrating images from different dates to 'like-value' digital counts", *Remote Sensing of environment* 77 (2001) 186-196.
- [3] Knudsen, T., and Olsen, B.P. "Automated Change Detection for Updates of Digital Map Databases" *PE&RS Vol. 69 11* (2003) 1289-1296.



*Figura 1: Mosaico de imágenes de NDVI Landsat TM de Andalucía.*



*Figura 2: Controles de calidad. Ejemplo de polígono con cambios detectado a revisar en cartografía.*



*Figura 3: Actualizaciones cartográficas. Escena Landsat TM, con las zonas detectadas de forma automática con cambios en la vegetación.*