

PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES DE SATÉLITE APLICADO A ESTUDIOS AMBIENTALES

L. GÓNIMA

leonardogonima@usa.net

Departamento de Biología Vegetal, Universidad de Granada. Campus de Fuentenueva s/n. 18071 Granada

RESUMEN: El presente artículo muestra los resultados obtenidos, en diferentes ambientes tropicales, con la aplicación de algoritmos físicos al procesamiento digital de imágenes de satélite. Reflectancia de la superficie, radiación global y radiación solar neta de onda corta son algunos de los conceptos físicos utilizados en la generación de algoritmos. Los resultados obtenidos permiten no solamente una mejor identificación de diversas clases de vegetación, suelo y agua, sino que también muestran la potencialidad que ofrece la utilización de los algoritmos desarrollados en la cuantificación de variables biofísicas de las mencionadas superficies.

ABSTRACT: The following article shows the results obtained for different tropical environments, by application of physically based algorithms to the digital processing of satellite images. Some physical concepts like surface reflectance, global radiation and shortwave solar net radiation are used for developing the algorithms. The results improve the identification of different types of vegetation, soil and water surfaces, and show the capability of the algorithms to quantify some biophysical variables of the studied surfaces.

Palabras clave: teledetección, procesamiento digital, algoritmos, variables biofísicas, medio ambiente.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, a nivel internacional, se ha estado discutiendo sobre la utilidad y precisión de los resultados obtenidos por medio de la teledetección (Loveland *et alii*, 1999), especialmente sobre la aplicación indiscriminada de metodologías desarrolladas en otras condiciones ambientales, muchas veces bastante diferentes a las que existen en una región determinada. Esta discusión ha mostrado la gran importancia que tiene el considerar las particularidades ambientales locales en el desarrollo de algoritmos para el procesamiento digital y en el posterior diseño de metodologías para la interpretación de imágenes de satélite. Es así como la interpretación de imágenes de satélite en ambientes tropicales tropieza con numerosas dificultades relacionadas con la interacción entre las superficies y la gran variabilidad en las condiciones atmosféricas presentes durante la adquisición de las imágenes, con la gran diversidad y complejidad que muestran las superficies de vegetación, suelo y agua, y por último con las consecuencias que tienen sobre el medio ambiente las actividades humanas temporales o permanentes existentes en una zona de estudio determinada.

Por consiguiente, el procesamiento digital de las imágenes debe ir dirigido a resolver, de la mejor forma

posible, la interferencia radiométrica que produce la atmósfera y a lograr una mejor identificación espectral de las superficies objeto de estudio. Desafortunadamente la aplicación de métodos convencionales para el procesamiento digital como composiciones a color, clasificaciones supervisadas, filtros y análisis de componentes principales solamente producen resultados que en la mayoría de los casos, corresponden a una aproximación general a la descripción ambiental de una zona determinada.

El objetivo del presente artículo es el de mostrar la contribución que hace el procesamiento digital, basado en conceptos físicos, en la interpretación temática y ambiental de imágenes de satélite. La aplicación de los algoritmos físicos propuestos permite una mayor y mejor identificación radiométrica y visual, además de una más precisa delimitación espacial de las diferentes clases de superficies existentes en las zonas de estudio. Al mismo tiempo, éstos hacen posible la cuantificación de algunas variables biofísicas, útiles en estudios medioambientales.

Aunque los resultados expuestos en este trabajo son de carácter temático individual, su utilidad principal se logró al integrarlos en bases de datos de sistemas de información geográfica.

METODOLOGÍA

Puesto que el principio físico sobre el cual está basada la teledetección de la superficie terrestre es la captación de radiación electromagnética proveniente de diferentes superficies, es necesario que el procesamiento digital de las imágenes de satélite esté relacionado directamente con el intercambio radiativo entre la superficie y la atmósfera en primera instancia, y luego con la interrelación entre las diversas variables ambientales que afectan el comportamiento radiativo de dichas superficies. Algunas de esas variables pueden ser, por ejemplo, alteraciones naturales y/o antrópicas en la composición y el estado de superficies de vegetación, suelo y agua, y variaciones a corto y mediano plazo de las condiciones meteorológicas existentes en un lugar determinado tales como la aparición y frecuencia de períodos de sequía y lluvia.

La metodología utilizada está basada en la aplicación de algoritmos físico-matemáticos para el cálculo de nuevas imágenes que contribuyan a una mejor identificación, y con mayor rigor conceptual, de las diferentes clases de superficies existentes en una zona de estudio en particular. El cálculo de la reflectancia de la superficie (Gonima, 1999) utilizando imágenes digitales de satélite, fue el punto de partida para la estimación de imágenes de la radiación global espectral e integral y de la radiación solar neta espectral (Gónima, 1996). Cada una de estas imágenes no solamente está asociada directa e indirectamente con fenómenos de intercambio energético entre la atmósfera y cada una de las superficies existentes, sino que describen en buena medida la interrelación existente entre diversas superficies, lo cual tiene una gran utilidad práctica en la interpretación final de ellas. La interpretación posterior de las imágenes calculadas se realizó en forma unidimensional (selección de la imagen adecuada para la interpretación de un tema en particular) analizando detalladamente la radiometría de cada una de ellas con el fin de definir lo más precisamente las diferentes clases de superficies, complementándola con información externa cuantitativa y cualitativa disponible sobre cada tema. Los resultados de la estimación de las variables biofísicas de la vegetación, los suelos y las superficies de agua fueron validados utilizando los datos de campo respectivos, de tal forma que coincidieran o representaran lo más fielmente posible las condiciones ambientales existentes durante la adquisición de las imágenes.

RESULTADOS

La Figura 1 muestra, como ejemplo, los resultados obtenidos en diferentes condiciones ambientales tropicales, por medio de la aplicación de los algoritmos mencionados anteriormente.

Las tres imágenes del complejo lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) corresponden a un proyecto de investigación desarrollado, bajo el auspicio del gobierno colombiano (INVEMAR y UNAL, 1996), con el fin de hacer un seguimiento continuo con imágenes de satélite a este frágil ecosistema. La imagen de la reflectancia calculada de la banda 1 (SPOT) sirvió para identificar y describir los flujos y corrientes de agua existentes en el complejo lagunar, de gran utilidad en la comprensión del intercambio hídrico entre el mar Caribe, los ríos aportantes y la CGSM. Además, con esta imagen fue posible estimar, con suficiente precisión, el contenido de clorofila existente en los cuerpos de agua estudiados, útil en la interpretación de la calidad de agua. A través de la imagen calculada de la radiación global se pudo identificar y delimitar adecuadamente la vegetación de manglar, bastante difícil de realizar por otros métodos. Esta imagen también fue muy útil en la descripción del vigor (producción de biomasa) del manglar al posibilitar el cálculo del área foliar de dicha vegetación, lo cual fue la base para el análisis del proceso de deforestación al que ha estado sometido este ecosistema en las últimas décadas. Posteriormente, esta imagen permitió una aproximación a la identificación de especies de manglar existentes. La calidad de los suelos (cuantificación del contenido de salinidad) de la CGSM fue analizada a través de la imagen calculada de la radiación solar neta de la banda 2. Esto hizo evidente el proceso de desertización al que han estado sometidos los suelos a medida que el cinturón de manglar ha ido retrocediendo.

Otra de las aplicaciones de la metodología propuesta es en la agricultura, especialmente en lo relativo a la realización de inventarios y estadísticas agrícolas. Tanto para agricultura extensiva como para el minifundio, las imágenes de satélite procesadas físicamente muestran resultados relativamente precisos en la identificación fenológica de diferentes cultivos y en la delimitación de superficies cultivadas. Un ejemplo de la estimación de áreas sembradas se presenta en la imagen de la radiación solar neta calculada (banda 3, SPOT) de Palmira-Colombia.

En los estudios urbanos, especialmente de planificación y ordenamiento, las imágenes calculadas de la radiación global y de la temperatura de la superficie contribuyeron al análisis de la calidad de vida urbana. Es posible, por ejemplo, a través de ellas extraer información útil no solamente relacionada con el ordenamiento urbano, sino también sobre las características de los materiales utilizados en la construcción de viviendas y de otros tipos de infraestructuras (aeropuertos, aparcamientos, vías de comunicación, etc.). Estos resultados son presentados en la interpre-

tación de la imagen LANDSAT de Santafé de Bogotá-Colombia.

Finalmente, la teledetección tiene una gran utilidad en la descripción y el seguimiento de fenómenos naturales y "pseudo-naturales" como aquellos producidos por inundaciones, deslizamientos, sismos y la actividad volcánica. A partir de imágenes espectrales calculadas de la reflectancia de la superficie, la radiación solar neta y la temperatura de la superficie fue posible establecer el reinicio de la actividad del Volcán Galeras- Colombia., así como la actualización de la cartografía temática del lugar de estudio, por ejemplo: el mapa geológico.

CONCLUSIONES

Los resultados presentados en este artículo dan una idea de las posibilidades que ofrece la aplicación de la metodología propuesta en la obtención de una mayor y mejor identificación de las diferentes clases de superficies existentes, lo cual redundará en beneficio de la calidad de la cartografía temática respectiva y en la posterior interpretación medioambiental integral de cada una de las zonas de estudio en consideración. Sin embargo, la principal limitación de los algoritmos físicos en general, reside en la imposibilidad teórica y práctica de representar todas las interacciones físicas que actúan de forma simultánea y que están intrínsecamente involucradas en la adquisición de cada imagen. A esto hay que añadir que al ser una imagen de satélite el compendio de múltiples fenómenos no solamente de carácter físico sino también directamente relacionados con las consecuencias de la actividad humana (social, eco-

nómica y política), cualquier algoritmo físico (teórico, semi-empírico o empírico) desarrollado con el fin de contribuir en la interpretación posterior de una imagen de satélite, sólo puede considerarse como una aproximación en la descripción de los objetos que se quieren analizar.

Finalmente, la validez de la metodología propuesta en este artículo, está siendo evaluada actualmente utilizando información digital satelitaria sobre ambientes mediterráneos. Los resultados preliminares demuestran la necesidad de adaptar y/o transformar dicha metodología a las nuevas condiciones ambientales.

BIBLIOGRAFÍA

- INVEMAR y UNAL. 1996. Monitoreo por medio de imágenes de satélite del efecto ambiental de la apertura de canales del delta exterior derecho del río Magdalena. Proyecto INVEMAR-Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá-Santa Marta (Colombia), 1995-1996.
- GÓNIMA, L. 1996. La percepción remota: un amplio campo de desarrollo de la física. *Rev. Momento*, 12: 3-15.
- GONIMA, L. 1999. Importance de la correction atmospherique des images de satellite utilisées pour des études de l'environnement tropical. *Bull. Societé Franc. de Photogram. et Télédétection*, 156: 20-25.
- LOVELAND, T. R. et alii 1999. An analysis of the IGBP global land-cover... *Photogram. Engin. Rem. Sensing*, 65: 1021-1032.

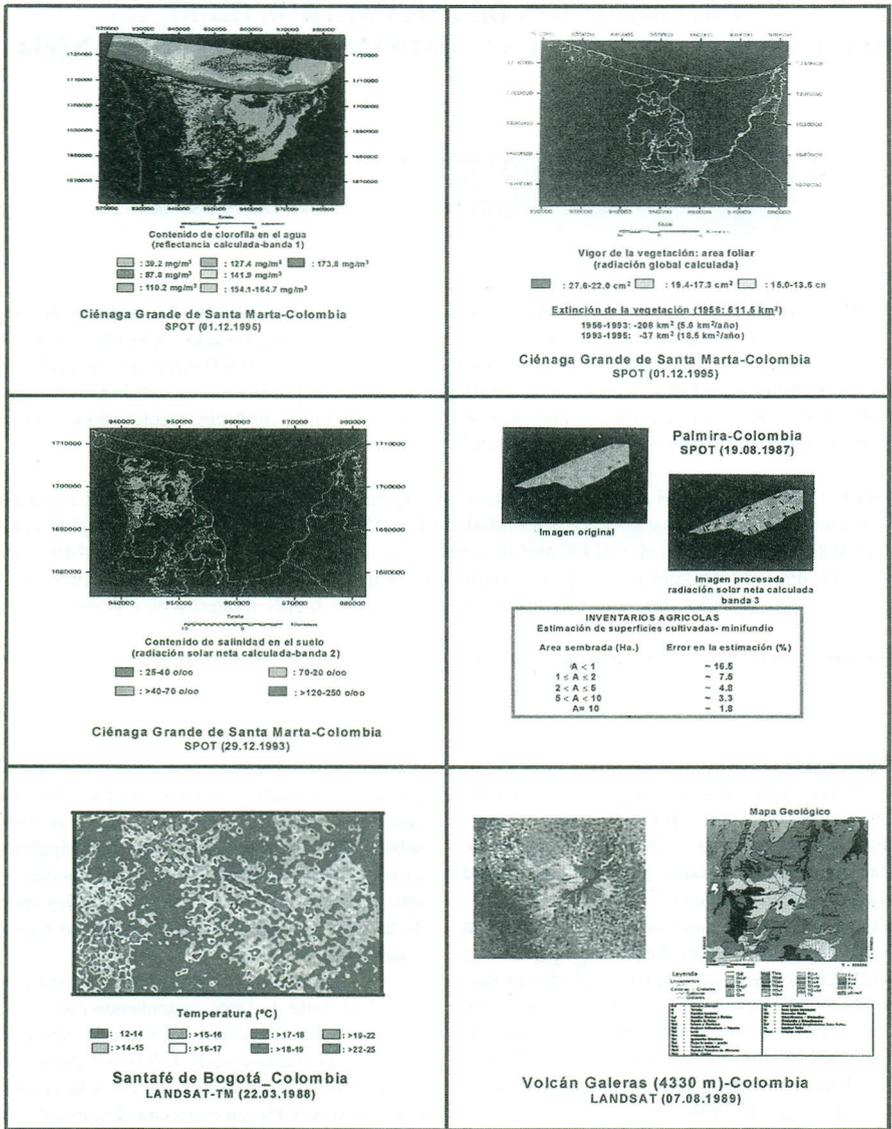


Figura 1. Mosaico de resultados obtenidos a partir de imágenes digitales LANDSAT y SPOT.
(Ver figura en color en la página 676)