

DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA PARA EL CONTROL DE LA EVOLUCIÓN DE LA VEGETACIÓN

A. Calle, J.L. Casanova y F. González-Alonso

Laboratorio de Teledetección de la Universidad de Valladolid.
Dpto. Física Aplicada I. Facultad de Ciencias.
47071-Valladolid
e-mail: abel@latuv.uva.es

Palabras Clave: Índice de verdor, NDVI, NOAA, Agricultura.

INTRODUCCION.

En España, los problemas relacionados con la ausencia de precipitaciones y la aparición de períodos prolongados de sequía, constituye uno de los principales problemas medioambientales que actúan en detrimento de la agricultura y en la aparición de grandes incendios forestales.

Las técnicas de Teledetección Espacial constituyen una herramienta muy útil para la observación y seguimiento continuados de grandes extensiones de terreno, a escala de la totalidad de un país. De esta manera, las imágenes AVHRR procedentes de los satélites de la serie NOAA se muestran especialmente adecuadas debido a la amplia cobertura del sensor y la excelente resolución temporal al contar con una imagen diaria.

Los indicadores del estado de la vegetación aplicables a las imágenes NOAA son todos derivados del NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Entre ellos, hemos encontrado el *Índice de Verdor* como una magnitud especialmente adecuada para el seguimiento de los problemas relacionados con la agricultura en largos períodos de tiempo.

Desde el año 1991, el Laboratorio de Teledetección (LATUV), de la Universidad de Valladolid, dispone de un receptor de imágenes NOAA y desde el año 1993, se han procesado imágenes con una frecuencia prácticamente diaria, para el período de interés en agricultura (febrero-octubre), obteniendo imágenes compuestas de NDVI y consiguientemente de Índice de Verdor para períodos de 10 días.

Con la intención de disponer de un software que aporte información comparativa de la evolución de la vegetación en ciertas zonas de interés, manejando de forma rápida la gran cantidad de información acumulada, el LATUV ha desarrollado un software para el tratamiento de estos datos, que incluye otros datos geográficos para referenciar los procesos vegetativos. Se presentan, a continuación, los aspectos más importantes del programa con la idea

de proporcionar una visión general. No pretende ser un manual de instrucciones y por consiguiente, el objetivo de exponer las bases generales va en detrimento de la explicación de gran parte de las utilidades.

1. DATOS SIG MANEJADOS POR VERDOR.

La información territorial del *sig verdor* corresponde a la práctica totalidad de las comunidades autónomas de España. De ellas se han seleccionado aquellas con mayor interés relacionado con la agricultura y el control de los incendios forestales: Castilla y León, Galicia, Extremadura, Cataluña, Castilla la Mancha, Navarra, Aragón, Valencia, Murcia, Andalucía, Islas Baleares, Madrid y La Rioja. La información de los límites territoriales de las comunidades corresponde a los mapas de las comarcas agrarias propuestas por el Ministerio de Agricultura. Estas comarcas están ordenadas según la provincia a la que corresponden.

Los datos relativos a la distribución de usos del suelo son mapas CORINE, previamente degradados a la resolución espacial de las imágenes del sensor AVHRR de los satélites NOAA, esto es 1x1 km². El mapa CORINE tiene una definición de 76 clases diferentes; sin embargo *sig verdor* puede operar, también, con todas las clases agrupadas en grupos principales.

De gran interés resulta la referenciación mediante el modelo digital del terreno. El mapa MDT tratado corresponde, como en el caso anterior, a una resolución espacial de 1 km por píxel.

La figura 1 representa una pantalla genérica del programa, en la versión 2.0 para Windows-95. En ella aparece la región de Castilla y León, con la superposición del mapa de las comarcas agrarias y con el coloreado del mapa CORINE de usos del suelo. La pantalla denominada *Datos Sig* proporciona, para cada movimiento del ratón sobre el mapa de forma activa, la comarca, provincia, clase de cultivo, altura sobre el nivel del mar que corresponde al píxel. Además, el módulo calcula las

coordenadas en proyección UTM relativas al huso 30 y las coordenadas geográficas (longitud, latitud)

La pantalla de visualización del mapa, además, puede ser modulada en tamaño mediante los botones *Zoom*. Los botones *Ayuda* guían al usuario sobre los datos a los que tiene acceso.

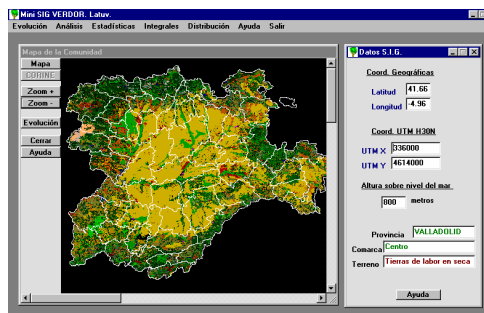


Figura 1. Datos SIG proporcionados por *sig verdor*.

2. EVOLUCIÓN DE LOS INDICES DE VERDOR.

El archivo histórico de imágenes manejado por *sig verdor* se compone de imágenes procesadas procedentes del sensor AVHRR de los satélites NOAA. Dicho sensor consta de 5 bandas espectrales, dos de las cuales (banda 1: visible; banda 2: infrarrojo próximo) son utilizadas para obtener información acerca del estado fotosintético de la vegetación a través del Índice de vegetación NDVI obtenido como:

$$NDVI = (Ref_2 - Ref_1) / (Ref_2 + Ref_1)$$

donde Ref_2 y Ref_1 son las reflectancias de los canales 2 y 1 respectivamente. Los valores NDVI de cada píxel pueden ser referidos a los valores históricos máximo y mínimo, de forma que se obtiene el Índice de Verdor como:

$$Verdor = (NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min})$$

La principal herramienta del programa es el cálculo de evoluciones del índice de verdor. La temporada Febrero-Octubre de los años 1993-98 puede ser analizada de manera selectiva, de forma que el usuario tendrá acceso al cálculo de curvas de evolución con los siguientes filtros: *evolución de un píxel*, *evolución de una comarca*, *evolución de una provincia* y *evolución de toda la comunidad*. Mediante la opción *área del usuario* se tiene la posibilidad de analizar una zona demarcada manualmente sobre el mapa o mediante la introducción de las coordenadas correspondiente.

Estos tipos de evolución (excepto evolución de un píxel) son realizados a su vez con los siguientes filtros: *evolución total*, *evolución por varias especies* y *evolución por una especie* buscada sobre el propio mapa.

Es importante reseñar la posibilidad de comparar cualquiera de los años anteriormente citado con los años *promedio*, *máximo* y *mínimo* para calificar una zona concreta en función de los valores extremos ó medios alcanzados por ella durante los 6 años analizados.

La figura 2 representa una pantalla genérica con la utilidad *evolución del sig verdor*. En el eje de abscisas de la gráfica de evolución se representan las decenas de los meses de estudio. Los valores numéricos del índice de verdor aparecen en la pantalla denominada *Datos Evolución* donde constan todos los datos relativos al análisis: Comarca agraria, provincia, coordenadas, clases de suelo analizadas, valores numéricos del verdor, etc.

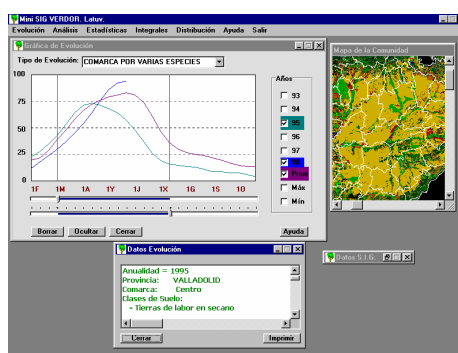


Figura 2. Gráficas de evolución y cálculo de integrales en intervalo. ©*sig verdor*.

Una herramienta muy importante es la posibilidad de realizar integrales bajo la curva de evolución, entre intervalos temporales tomados de forma numérica o de forma gráfica. En la figura 2 aparece el intervalo señalado para la zona de la curva ocupada por el desarrollo del cereal. Si no se tiene una idea exacta del intervalo que pueda interesar, como recomendación general se puede efectuar la integración desde la década en la que se sabe que aparece el fruto, o el grano hasta que éste se retira. La producción es aproximadamente proporcional a esta integral. De esta manera es posible comparar, grosso modo, las producciones de años diferentes. En todo caso es el propio usuario el que debe ajustar

el período más interesante para que la integral sea más o menos proporcional a la cosecha.

3. UTILIDADES DE COMPARACION GRAFICA.

Sig verdor permite realizar visualizaciones simples o múltiples de cualquier comunidad de cualquier decena de cualquier mes de cualquier año (incluidos los años máximo, mínimo y promedio). Estas visualizaciones permitirán comparar el estado evolutivo de la vegetación en diferentes zonas. La visualización puede ser realizada mediante distintas paletas de color a elección del usuario.

Hay que destacar que la pantalla de *Datos Sig* comentada en apartados anteriores es una herramienta presente en la visualización directa de las imágenes, para que pueda comprobarse qué zonas y con qué tipos de cultivos han evolucionado de forma más precaria.

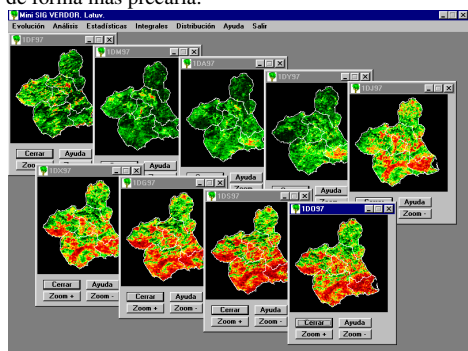


Figura 3. Visualización múltiple de las primeras decenas de cada mes . ©sig verdor.

La figura 3 representa una visualización múltiple de la comunidad de Murcia a lo largo de las primeras decenas de cada mes, del año 1997, donde se aprecia, a saltos de un mes, el estado de la vegetación.

De cara al análisis más detallado, existe una utilidad muy importante que es capaz de discriminar de forma más “fina” los cambios producidos en la vegetación: el *ratio*, que consiste en realizar una división de los índices de verdor, para una comunidad determinada, entre dos épocas diferentes. Aunque dichas épocas pueden ser elegidas de forma voluntaria, puede extraerse una gran información cuando el *ratio* se realiza en la misma decena del mismo mes, entre dos años diferentes.

Sig verdor puede realizar representación gráfica de las imágenes de las integrales de los índices de verdor, realizadas sobre toda la temporada de análisis, para cada año. Estas representaciones, aportando también valores numéricos, son muy importantes a la hora de realizar comparaciones rápidas y fácilmente interpretables de dos años determinados. En este caso, además de realizar un análisis pormenorizado entre las distintas comunidades autónomas es posible hacer la representación de todo el territorio de la península Ibérica, tanto para los años 1993-98 como para los máximo, mínimo y promedio. En este sentido puede observarse la figura 4 en la que se representa todo el territorio, con una superposición del mapa de las comunidades autónomas. Esta figura contiene la integral total del año 1996.

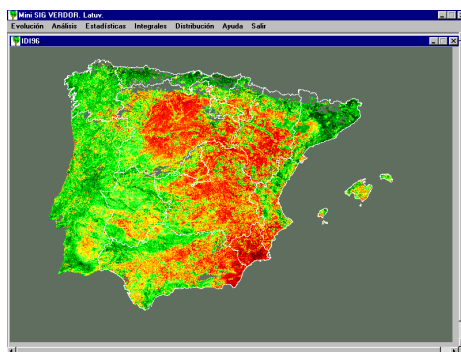


Figura 4. Imagen de la integral de toda España, año 1996 . ©sig verdor.

4. OTRAS UTILIDADES.

En lo relativo a los análisis de evolución comentados en el apartado 3, es posible la definición de varios intervalos para realizar la integración bajo la curva de evolución, intervalos que pueden estar solapados en el tiempo. Esto es importante porque permite comparar simultáneamente una integral total bajo la curva de evolución de un cultivo determinado, con otras integrales parciales distribuidas a ambos lados del máximo encontrado. La utilidad de las semi-integrales servirá para determinar el desplazamiento temporal sufrido en una año determinado por una cierta especie. Con este conocimiento puede analizarse, por ejemplo, la alta o baja afluencia de incendios forestales.

Como se ha comentado anteriormente, los análisis efectuados pueden ser realizados de

forma global o discriminando ciertas clases del terreno. En este caso no sólo puede realizarse una selección individual consultando la leyenda correspondiente, de las 76 clases totales, sino que además se puede trabajar sobre cinco grandes grupos ya clasificados como son: *artificiales, agrícolas, forestales, humedales y superficies de agua*. La figura 5 contiene la pantalla de selección de todas las clases comentadas.

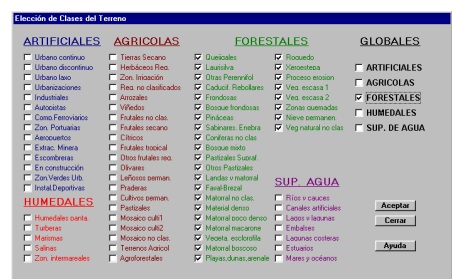


Figura 5. Leyenda de las clases del suelo . ©sig verdor.

La posible discriminación de las clases de suelo a analizar puede ser utilizada en opciones de visualización del índice de verdor para el seguimiento de las clases de interés.

Un análisis importante es la posibilidad de establecer y calcular splines de imágenes integrales, bien sea por ajustes lineales o parabólicos. De esta manera pueden obtenerse pendientes de evolución de áreas seleccionadas para todas las clases del suelo o aquellas seleccionadas por el usuario. Esta utilidad está representada en la figura 6, donde están representadas, en la región de Castilla y León en una época determinada, sólo las clases agrícolas.

Otra de las utilidades SIG consiste en que el usuario puede determinar sobre el mapa CORINE el área ocupada por cada una de las clases del suelo, o por grupos, en una comarca, provincia o comunidad. De esta manera el usuario puede observar sobre cuánta extensión de terreno se están llevando a cabo los cálculos de su análisis.

En otro orden de cosas, el programa sig verdor incorpora otras muchas utilidades para la creación de pequeños informes acerca del trabajo de análisis que se esté llevando a cabo en todo momento, como es el caso de la edición de ficheros de texto y la posibilidad de imprimir la información obtenida. Hay que destacar que cada pantalla va equipada con un botón de ayuda rápida para realizar consultas inmediatas sobre cada actividad.

En lo referente a las características software, el manejo del programa es muy intuitivo y sencillo por estar programado en el estándar windows-95. Su código es rápido y portable ya que ha sido programado con uno de los compiladores de más reciente aparición en el mercado (*Borland C++ Builder*). La única dificultad consiste en la gran cantidad de información que tiene que procesarlo que se subsana mediante la ejecución directa desde CD-ROM.

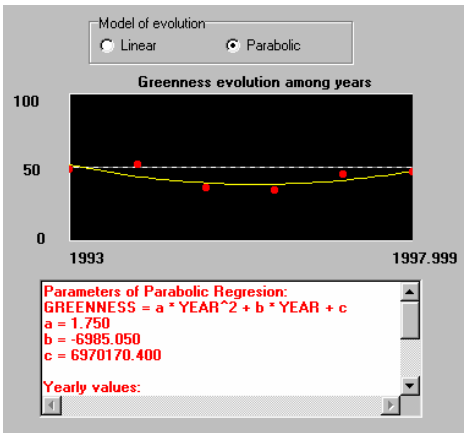


Figura 6. Regresión parabólica de imágenes integrales. sig verdor.

CONCLUSIONES

Hemos presentado las líneas generales de funcionamiento de un sistema de información geográfica especialmente diseñado para el control y seguimiento de la evolución de la vegetación. Su importancia radica en dos aspectos fundamentales:

1. El acceso rápido a una gran cantidad de información procesada en nuestro laboratorio de teledetección durante 6 años consecutivos.
2. La incorporación de herramientas visuales para controlar la evolución de la vegetación referenciándola a datos como la comarcalización agraria de la práctica totalidad de España y el mapa de ocupación del suelo, principalmente.