

## **Aportaciones de la teledetección y los SIG para la mejora de los modelos de evaluación de las pérdidas de suelo en Andalucía**

**J.M. Moreira Madueño<sup>(1)</sup>, M. Rodríguez Surián<sup>(1)</sup>, J. Ojeda Zújar<sup>(2)</sup>**

(1) Dirección General de Desarrollo Sostenible e Información Ambiental. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Avda. Manuel Siurot 50 41071-Sevilla (España). E-mail: josem.moreira@juntadeandalucia.es, manuel.rodriguez.surian@juntadeandalucia.es

(2) Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, Universidad de Sevilla, c/ Doña María de Padilla s/n, 41004-Sevilla (España). E-mail: zujar@us.es

### **ABSTRAC**

The Regional Ministry of the Environment, through the Environmental Information Network (REDIAM), monitors the annual rate of land loss in Andalusia. This phenomenon, which is characterised by a high level of spatial and temporal variance, is particularly influenced by the amount and intensity of rainfall and land uses.

The use of high and low resolution satellite images and regional orthophotographs has enabled continuous updating of information on plant cover and land uses, whilst the daily climate information from a network of automated weather and rainfall stations are used to generate monthly rain erosivity maps.

This information on land loss is a useful tool for direct analysis or modelling, and provides the basis for identifying and implementing preventive and corrective actions enshrined in the various strategic plans developed by this agency.

Keywords: EROSION, ANDALUSIA, GIS, REMOTE SENSING, LAND COVER, USLE

### **INTRODUCCION**

La erosión de los suelos es una de las problemáticas más preocupantes en cuanto a degradación del medio de las que acontecen en ambientes mediterráneos. La confluencia de aspectos climáticos con usos inadecuados hace que los suelos se deterioren perdiendo gran parte de su potencial biológico, lo que unido a unas condiciones climáticas de tipo árido o semiárido, como las existentes en determinadas zonas de Andalucía, puede acrecentar los problemas de desertificación en la región

Generalmente es la mano del hombre la que introduce alteraciones locales negativas en el medio, ya sea alterando las coberturas vegetales naturales en su propio beneficio o implantando usos poco respetuosos con el medio ambiente e inadecuados desde el punto de vista productivo, o alterando factores a escala planetaria, como los cambios en la composición atmosférica que parece que están condicionando cambios en el régimen climático todavía poco evaluados, pero que pueden ser especialmente problemáticos si se produce un aumento de la torrencialidad de las precipitaciones o un aumento de los periodos de sequía o de la aridez.

El empleo de las nuevas tecnologías de la información, especialmente la teledetección y los sistemas de información geográfica, junto con el establecimiento de programas periódicos de adquisición y actualización de las variables más dinámicas (usos del suelo y precipitación), permite realizar un seguimiento anual de la evolución de la capacidad de protección del suelo por la vegetación y de la erosividad de los eventos de precipitación que alimentarán los modelos de evaluación de las pérdidas de suelo en la región.

### MÉTODOS

El modelo empleado es la llamada ecuación universal de pérdidas de suelos (USLE), (Wischmeier W.H. et al, 1978). Elegida por su relativa sencillez y su, en principio, universalidad, que la han convertido en el modelo más utilizado en el mundo para evaluar las pérdidas de suelos, se adapta perfectamente a un análisis regional como el que nos ocupa.

Formulada como:  $A = R K LS x C x P$

Estima el valor en tonelada métrica por hectárea y año de la cantidad de suelo removido por la erosión hídrica laminar y en regueros a partir de información referida a seis variables de control: erodibilidad del suelo (K), longitud de la pendiente (L), inclinación de la ladera (S), energía de la lluvia (R), protección del suelo que proporcionan las cubiertas vegetales (C) y la adopción de prácticas de conservación de suelos (P). La ecuación inicial ha sido mejorada introduciendo el cálculo del factor LS para pendientes complejas (Foster G.R. et al., 1974) y se han considerado factores como la pedregosidad y la rocosidad (Poesen J.W. et al., 1994) para modular los resultados obtenidos.

Podemos distinguir dos tipologías en la información que se ha manejado en función de su velocidad de variación temporal. Por una parte se considera información estática la correspondiente al relieve del terreno y a la que nos describe las características de los suelos, ya que sus dinámicas temporales son lo suficientemente lentas como para no experimentar cambios apreciables en periodos más o menos largos de tiempo.

De otra, la información meteorológica y la de usos y coberturas vegetales del suelo, son consideradas como información dinámica, especialmente la primera de ellas, que pueden presentar cambios temporales y espaciales muy acusados y que serán actualizadas y tratadas con una alta periodicidad.

La información relativa a los usos y coberturas vegetales del suelo ha sido materia de un programa continuo de seguimiento de cambios del territorio. Iniciado en 1987 al amparo del proyecto europeo CORINE Landcover, ha tenido continuación en el ámbito regional adaptado a las características propias de Andalucía, concretándose a partir de 1991 en el Mapa de Usos y Coberturas Vegetales del Suelo en Andalucía E 1: 50.000 actualizado con una periodicidad cuatrienal, existiendo referencias a 1995, 1999 y 2003, las dos últimas a escala 1:25.000. Esta cadencia de levantamiento de información solo ha sido posible mediante el empleo de la teledetección y los SIG que han permitido la generación de una base cartográfica interpretable, donde con el apoyo de medios auxiliares, como son las fotografías aéreas y otros mapas temáticos, identificar los usos del territorio. A partir de 1999 la base cartográfica ha sido sustituida por ortofotos regionales, pasando la teledetección a prestar apoyo mediante la elaboración de índices de vegetación o como se explicará más adelante a evaluar los posibles cambios interanuales entre las distintas fechas de interpretación.

La espacialización del factor C se ha realizado a partir del análisis de la leyenda de los mapas, aplicando una serie de valores tabulados a cada tipo de cobertura vegetal en función de su altura y densidad de la cubierta, para formaciones de vegetación natural (Moreira, J.M., 1992), o bien, combinando una serie de valores tabulados (Moreira, J.M., 1992) según la alternativa de cultivo en las tierras agrícolas con la distribución anual de la erosividad. A partir de esta asignación se han derivado mapas de factor C.

Por otra parte, el análisis de variación del factor C para los años entre las distintas fechas de referencia, se realiza mediante el uso de imágenes de baja resolución y alta periodicidad del satélite NOAA. A partir del denominado índice de vegetación (NDVI) y su estrecha relación con la disponibilidad hídrica de las plantas y su área foliar se supone a este, a su vez,

íntimamente relacionado con el desarrollo de los cultivos en áreas agrícolas y con el desarrollo/actividad del follaje y cubierta herbácea en zonas naturales. Esta relación permite establecer una correlación del valor de C con los valores del NDVI que reflejan los valores de las imágenes NOAA. Establecidos los valores de referencia a partir de un muestreo sobre 48 ventanas de control terreno (NDVI > 171 = 100% de cobertura, < 126 = suelo sin cubierta vegetal), se deriva a partir de las imágenes NOAA el valor de C a aplicar para los territorios agrícolas:

$$C=1-0,00999 \times \% \text{ Cubierta}$$

En áreas naturales el margen de oscilación del factor C se restringe en función de su estructura a los valores definidos por las tablas del modelo para grupos de vegetación (se diferencian bosques, matorrales, pastizales,...).

Este proceso, una vez constatada su bondad sobre el terreno, esta siendo actualmente implementado para imágenes de mayor resolución (250 m de píxel) obtenidas por los sensores de MODIS.

Por otra parte, la erosividad de la lluvia es inferida a partir de una red de estaciones automáticas, para las que se calcula la erosividad (Wischmeier W.H. et al, 1978) de los eventos acaecidos durante el año. Estos valores se relacionan con diferentes variables pluviométricas obteniéndose generalmente ecuaciones de regresión con altas correlaciones para agrupaciones decenales de la precipitación (> 0,85)

La espacialización de los resultados obtenidos se realiza con el apoyo de una red de estaciones pluviométricas de la A.E.M.E.T. repartidas por toda la región y agrupadas por zonas pluviométricamente homogéneas en función de cantidad e intensidad de la lluvia, el relieve y del comportamiento de los frentes nubosos en su paso por la región.

A los registros pluviométricos de las estaciones diarias no automáticas, dentro de cada zona de influencia, se les aplica su ecuación de regresión para determinar la erosividad. Los valores así obtenidos se interpolan espacialmente a partir del inverso de la distancia al cuadrado, obteniéndose, al menos, mapas mensuales de la erosividad cuya suma determinan la erosividad anual.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La concepción de la erosión como un fenómeno dinámico ha determinado el establecimiento de programas periódicos de adquisición de datos permitiendo obtener toda una serie de resultados relativos a las pérdidas de suelo acaecidas en Andalucía. El resultado obtenido es transformado a una expresión cualitativa que cuenta con plena significación espacial y que, obviamente, debe interpretarse teniendo en cuenta las lógicas limitaciones que impone la ecuación de pérdidas de suelo, derivadas tanto de su propio desarrollo como de su no calibración experimental para nuestras condiciones ambientales.

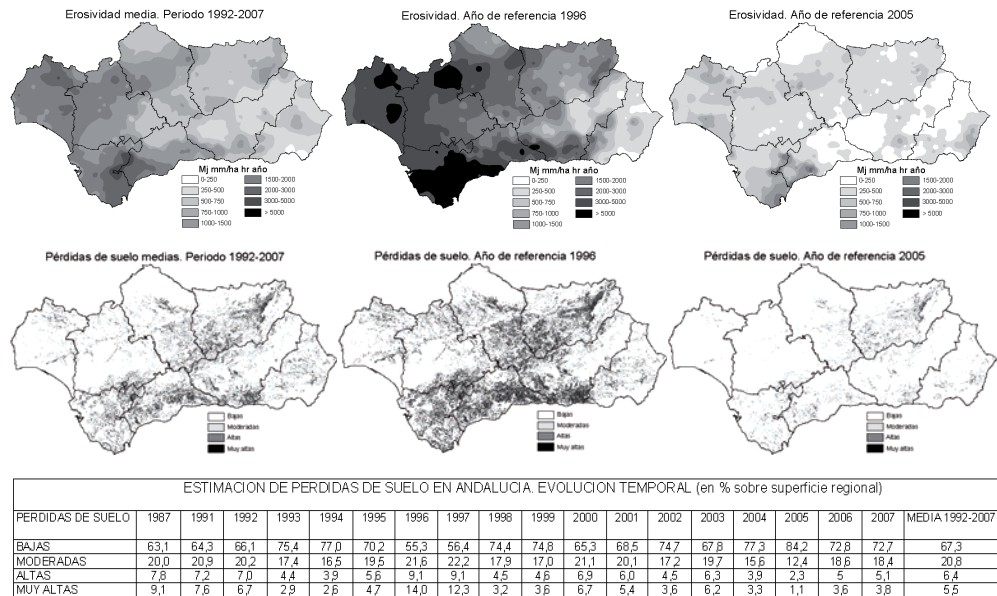
La serie disponible actualmente, iniciada con regularidad en 1992, cuenta con datos consecutivos de 16 años, además de referencias a 1987 y 1991 (Fig. 1), constatando la alta variabilidad espacial y temporal que acompaña a los procesos erosivos dada su gran dependencia de la variabilidad climática interanual característico del clima de nuestra región.

### **CONCLUSIONES**

El seguimiento que la Consejería de Medio Ambiente, a través de la Red de Información Ambiental (REDIAM), realiza de la evolución espacio-temporal de los factores más

## ÁREA TEMÁTICA 2: EROSIÓN DE SUELOS Y DESERTIFICACIÓN

importantes que intervienen en la evaluación de los procesos erosivos hace que se disponga de un indicador ambiental de carácter cualitativo y periodicidad anual que refleja la evolución



Figura, 1.- Ejemplos de cartografía y estadística elaborada.

de la erosión en la región y que sirve para realizar comparaciones territoriales y multitemporales. Igualmente su combinación con otras capas de información ambiental permite realizar análisis más complejos de la realidad medioambiental de la región.

Los resultados derivados de este consolidado proceso de trabajo dentro de la estructura organizativa de un organismo público, son empleados en multitud de estudios de carácter ambiental, son difundidos a través de informes periódicos y de la web de la Consejería de Medio Ambiente y forman parte de proyectos estadísticos consolidados dentro del Plan Estadístico de Andalucía.

### REFERENCIAS

- ❖ Foster G.R. y Wischmeier W.H. 1974. *Evaluating irregular slopes for soil loss prediction*. Trans, ASAE 17:305-309.
- ❖ Moreira J.M. (1992). Capacidad de uso y erosión de los suelos. Agencia de Medio Ambiente. Junta de Andalucía
- ❖ Moreira, J.M., Navarro, C., Rodríguez, M., Sánchez, J.D. y Villar, L. 1995. *Elaboración de un modelo de evaluación de pérdidas de suelo utilización imágenes de satélite de alta y baja resolución (Landsat-TM Y NOAA AVHRR)*. Actas de la 6ª Reunión Científica de la Asociación Española, de Teledetección. Valladolid 20-22 de Septiembre 1995.
- ❖ Poesen J.W., Torri D. Y Bunte K. 1994 *Effects of rock fragments on soil erosion by water at different spatial scales: a review*. Catena 23 141-166.
- ❖ Rodríguez, M., Sánchez, J.D., Villar, L, Navarro, C y Moreira, J.M (1996). Modelización de las pérdidas de suelo mediante integración de imágenes de satélite de alta y baja resolución en un entorno SIG. I Congreso Europeo sobre el Control de la Erosión. Sitges. Barcelona.
- ❖ Wischmeier W.H., Smith D.D., Umland R.E. 1978. *Predicting rainfall erosion losses, U.S.D.A. Agricultural Handbook 537*. (8), 458-462.