

## PROCESO CARTOGRAFICO EN EL INVENTARIO NACIONAL DE EROSION DE SUELOS. METODOLOGIA Y RESULTADOS OBTENIDOS.

PUEBLA ESTRADA, M. Tragsatec. Subdirección de Desarrollos. C/ Julián Camarillo 6B, 28037 Madrid. mpe@tragsatec.es

DELGADO SÁNCHEZ, J.C. Tragsatec. Área de Servicios Forestales. C/ Julián Camarillo 6B, 28037 Madrid. jcds@tragsatec.es

TORRES QUEVEDO GARCÍA DE QUESADA, M. Dirección General para la Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente. Gran Vía de San Francisco, 4, 28071 Madrid. mtquevedo@mma.es

### Resumen

Los procesos cartográficos correspondientes al Inventario Nacional de Erosión de Suelos tienen por objeto, por una parte, establecer la división del territorio de cada provincia en estratos (unidades ambientales) homogéneos de cara al diseño de un muestreo de campo aleatorio proporcional de tipo sistemático y, por otra parte, la elaboración de la cartografía final y cálculo de indicadores numéricos correspondientes a las distintas formas de erosión estudiadas (erosión laminar y en regueros, erosión en cárcavas y barrancos, movimientos en masa, erosión en cauces y erosión eólica). En esta comunicación se desarrolla la metodología para la elaboración de la cartografía temática de partida (climática, morfológica, geológica y relativa a la cubierta vegetal y el uso del suelo), el proceso de estratificación del territorio y diseño del muestreo de campo, y los procedimientos para obtener los resultados finales tras la incorporación al sistema de información geográfica, junto con la información cartográfica inicial, los resultados del trabajo de campo y el proceso de datos forestales y agrícolas. Se aportan ejemplos concretos de cartografía inicial, intermedia y final.

### Palabras clave no contenidas en el título

Estadística, indicadores, parcelas, SIG, modelos

### ANTECEDENTES

El cálculo de la erosión de suelos está ligado a los albores de la utilización de los Sistemas de Información Geográfica y es una de las aplicaciones que mejor se adapta a estas técnicas. Con anterioridad a la utilización de los SIG en el Inventario Nacional de Erosión de Suelos que se describe en este documento, ya se ha utilizado en muy diversas publicaciones de esta misma materia y cabe señalar entre ellas el Mapa de Estados Erosivos por cuencas hidrográficas. Precisamente las experiencias acumuladas en todos los proyectos anteriores, unido al desarrollo de los sistemas informáticos utilizados, ha ido permitiendo depurar y controlar de forma mucho más detallada todos los procesos implicados en el cálculo.

### METODOLOGÍA

#### Objetivos

El proceso cartográfico realizado para el Inventario Nacional de Erosión de Suelos consta de dos etapas claramente diferenciadas; una previa a los trabajos de campo, donde se establece la división del territorio de cada provincia en estratos homogéneos y se elabora material de apoyo para los equipos de campo y otra etapa posterior donde se procesa la información recogida en campo y se diseñan los modelos que van a permitir el cálculo de las distintas formas de erosión estudiadas. En ambos casos se obtienen tablas de superficies que permiten un análisis más detallado de los resultados obtenidos.

Finalmente, dentro de la publicación del Inventario Nacional de Erosión de Suelos por provincias, se incluyen salidas gráficas que recogen la cartografía temática compuesta por cinco mapas a escala 1:250.000, treinta y cinco mapas en formato DIN A4 y una aplicación informática en CD-ROM que da acceso a toda esta información.

#### Preparación de los trabajos de campo

Los factores que intervienen en la definición de estratos son el climático, geológico, morfológico y el relativo a la cubierta vegetal y el uso del suelo. A continuación se hace una síntesis de la elaboración que requiere cada uno de dichos factores:

- 1) Factor climático: los datos meteorológicos facilitados se incorporan al SIG y junto con el modelo de elevaciones se diseña un proceso que por interpolación genera una capa raster para cada uno de los parámetros climáticos calculados. Por superposición de las capas resultantes y aplicando los criterios de J.L. Allué se obtiene la cartografía de regiones fitoclimáticas.
- 2) Factor geológico: las hojas del mapa geológico del Instituto Geológico y Minero de España a escala 1:50.000 se incorporan en un SIG en formato vectorial. Esta información debe ser depurada y agrupada en las distintas clases litológicas. Para la unión de hojas 1:50.000, la mayoría de las ocasiones resulta necesaria la interpretación litológica para solucionar problemas de desajustes en la información contigua.
- 3) Factor morfológico: con el Modelo Digital de Elevaciones de 25 x 25 m del M.A.P.A se hace un estudio de las pendientes, orientaciones y altitudes. La capa raster obtenida de pendientes es la base para determinar la longitud de ladera y el factor LS que interviene en el cálculo posterior de la erosión laminar y en regueros. Para estos cálculos se sigue fielmente las normas establecidas por la RUSLE.
- 4) Factor vegetación y de usos del suelo: se incorpora al SIG la información del Mapa Forestal de la provincia E:1/50.000 (correspondiente al 3<sup>er</sup> Inventario Forestal Nacional), del Mapa Forestal de España de D. Juan Ruiz de la Torre E:1/200.000 y del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos. Para obtener este factor, se ha diseñado una matriz de decisión que permite diferenciar las teselas en varios usos: forestal, matorral, herbazal y agrícola. Esta diferenciación se consigue analizando las bases de datos asociadas a las capas vectoriales de partida que se han mencionado.

#### Tratamiento de la información

El resultado de los cuatro factores que se han descrito, queda almacenado como capas intermedias del análisis en formato raster.

La superposición de estos factores refleja la variabilidad del territorio y es la base para la división del mismo en estratos homogéneos.

Paralelamente se genera una malla de puntos siguiendo las coordenadas UTM y el huso correspondiente a cada zona, aunque la provincia esté dividida en dos husos UTM. Se eligen únicamente los puntos cuyas coordenadas son múltiplos de 5000, es decir, se logra una malla de puntos con paso de cinco kilómetros que cubre la provincia objeto de estudio. Se analiza la información de cada parcela (punto de la muestra), contrastándola con las de las parcelas levantadas en el 3<sup>er</sup> Inventario Forestal Nacional y se definen los estratos que requieren parcelas de refuerzo.

#### Preparación de la documentación de apoyo para los trabajos de campo

La cartografía que sirve de apoyo a los equipos de campo consta de tres salidas gráficas a escala 1:250.000 (mapa de litología, mapa de vegetación y usos del suelo y mapa de pendientes, orientaciones y altitudes), una salida gráfica en formato DIN A3 del mapa de regiones fitoclimáticas y una colección de ortofotos con las parcelas y estratos afectados, a escala 1:25.000.

#### Incorporación de los datos de campo

Una vez finalizados los trabajos de campo se procesa la información recogida en los estadillos y se inician los cálculos de las distintas formas de erosión: erosión laminar y en regueros, zonas de erosión en cárcavas y barrancos, potencialidad y tipología predominante de movimientos en masa, riesgo de erosión en cauces por unidades hidroclimáticas y riesgo de erosión eólica. Los modelos diseñados (algoritmos matemáticos, matrices de decisión...) trabajan básicamente con capas temáticas de entrada en formato raster y para ello se divide el territorio objeto de estudio en 'pixel' de 25 x 25 metros.

La cartografía resultante de cada modulo se superpone con las capas temáticas de vegetación, pendientes, términos municipales, régimen de propiedad, régimen de protección y unidades hidroclimáticas, para generar tablas de superficies que permitan la comparación de resultados y que se incluyen en la publicación que se hace de cada provincia y en el CD-ROM que se adjunta.

#### Modelo utilizado en el cálculo de la erosión laminar y en regueros

El algoritmo matemático utilizado esta basado en las últimas versiones del modelo RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*, Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo Revisada) que permite determinar las pérdidas de suelo medias anuales en t.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> (A) en función del índice de erosión pluvial (R), la erosionabilidad del suelo (K), la cubierta vegetal y manejo (C), las prácticas de conservación del suelo (P) y la topografía del terreno (LS).

$$A = K \cdot C \cdot P \cdot R \cdot LS$$

El valor de K-C-P se calcula en gabinete, para cada estrato, a partir de los resultados recogidos en campo; por interpolación de los datos meteorológicos facilitados se obtiene el factor R; utilizando el modelo digital de elevaciones se desarrolla un algoritmo que calcula el factor longitud de ladera (L) y el factor pendiente (S).

La figura 1 muestra un esquema del proceso seguido para la provincia de Girona, y en la figura 2 y tabla 1 se realiza una comparación de los resultados obtenidos hasta la fecha en el Inventario Nacional de Erosión de Suelos.

Partiendo de la cartografía resultante es posible evaluar otros fenómenos relacionados con la erosión laminar y en regueros como son la cualificación de la erosión según la fragilidad del suelo, la erosión potencial y los suelos esqueléticos y/o degradados por la erosión, así como comparar los resultados con los del Mapa de Estados Erosivos por cuencas hidrográficas.

Ejemplos de cartografía final generada:

Las dos últimas páginas muestran ejemplos de la cartografía final generada para la publicación de la provincia de Girona (figuras 3-8).

Figura nº1

### Cálculo de las pérdidas por erosión laminar y en regueros Provincia de GIRONA

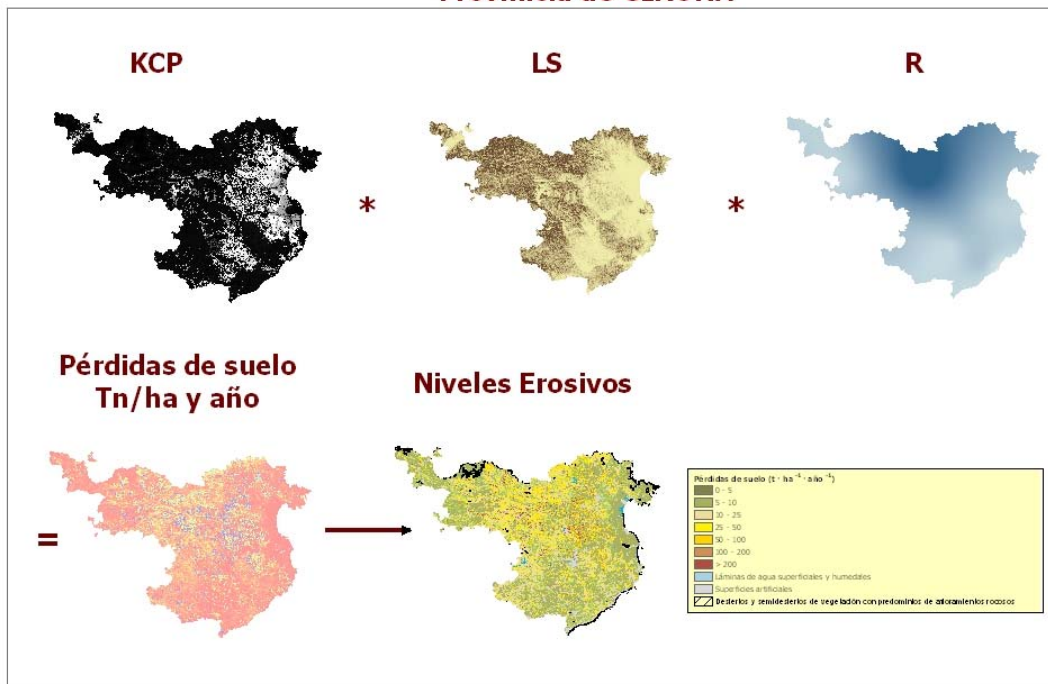


Figura nº2

### MAPA DE NIVELES EROSIVOS PENÍNSULA Y BALEARES

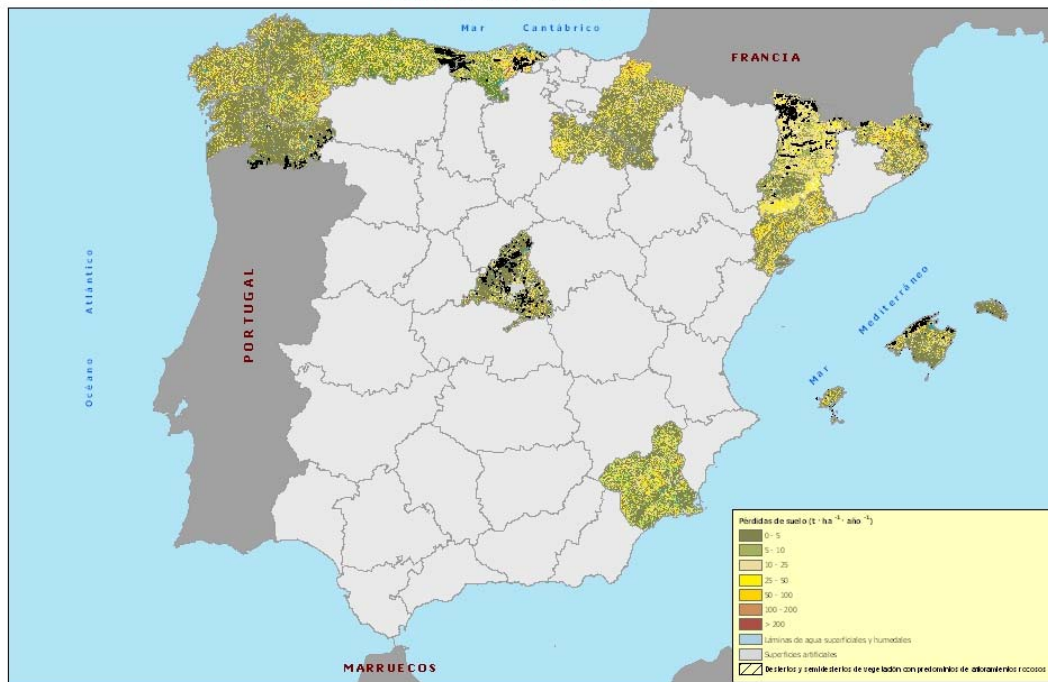


Tabla nº1: ESTUDIO COMPARATIVO DE NIVELES EROSIVOS POR PROVINCIAS

| Pérdidas de suelo (Tn/ha y año)   | CANTABRIA                  |            | MURCIA                     |            | MADRID                     |            | ASTURIAS                   |            | LA RIOJA                   |            |
|---|----------------------------|------------|----------------------------|------------|----------------------------|------------|----------------------------|------------|----------------------------|------------|
|   | Superficie geográfica (ha) | (%)        | Superficie geográfica (ha) | (%)        | Superficie geográfica (ha) | (%)        | Superficie geográfica (ha) | (%)        | Superficie geográfica (ha) | (%)        |
| 0 - 5   | 288.215,14                 | 57,74      | 513.232,68                 | 45,37      | 480.705,63                 | 59,88      | 432.468,52                 | 40,79      | 229.656,51                 | 45,51      |
| 0 - 10  | 74.688,21                  | 14,96      | 217.849,16                 | 19,26      | 91.127,18                  | 11,35      | 209.467,33                 | 19,75      | 94.593,45                  | 18,75      |
| 10 - 25   | 64.836,36                  | 12,99      | 199.535,88                 | 17,64      | 76.577,84                  | 9,54       | 224.647,84                 | 21,19      | 100.622,27                 | 19,94      |
| 25 - 50   | 26.621,05                  | 5,33       | 82.834,03                  | 7,32       | 29.825,06                  | 3,72       | 80.608,53                  | 7,6        | 44.077,79                  | 8,74       |
| 50 - 100  | 12.906,92                  | 2,59       | 49.029,35                  | 4,33       | 18.006,39                  | 2,24       | 54.432,12                  | 5,13       | 18.451,87                  | 3,66       |
| 100 - 200   | 4.622,39                   | 0,93       | 27.432,47                  | 2,42       | 5.797,85                   | 0,72       | 29.343,49                  | 2,77       | 4.435,09                   | 0,88       |
| > 200   | 1.770,99                   | 0,35       | 10.323,45                  | 0,91       | 1.453,48                   | 0,18       | 5.826,53                   | 0,55       | 617,58                     | 0,12       |
| Láminas de agua superficiales y humedales                                       | 3.996,43                   | 0,8        | 5.799,53                   | 0,51       | 7.024,33                   | 0,88       | 4.367,65                   | 0,41       | 2.404,59                   | 0,48       |
| Superficies artificiales  | 21.528,62                  | 4,31       | 24.623,73                  | 2,18       | 92.251,81                  | 11,49      | 19.195,11                  | 1,81       | 9.667,76                   | 1,92       |
| <b>Total</b>  | <b>499.166,11</b>          | <b>100</b> | <b>1.131.260,29</b>        | <b>100</b> | <b>802.769,37</b>          | <b>100</b> | <b>1.060.357,12</b>        | <b>100</b> | <b>504.526,91</b>          | <b>100</b> |
| Desiertos y semidesiertos de vegetación con predominio de afloramientos rocosos | 18.392,44                  | 3,68       |                            |            |                            |            | 20815,31                   | 1,96       |                            |            |

| Pérdidas de suelo (Tn/ha y año)   | PONTEVEDRA                 |            | OURENSE                    |            | LUGO                       |            | A CORUÑA                   |            | ILLES BALEARS              |            |
|---|----------------------------|------------|----------------------------|------------|----------------------------|------------|----------------------------|------------|----------------------------|------------|
|   | Superficie geográfica (ha) | (%)        | Superficie geográfica (ha) | (%)        | Superficie geográfica (ha) | (%)        | Superficie geográfica (ha) | (%)        | Superficie geográfica (ha) | (%)        |
| 0 - 5   | 324.174,45                 | 72,14      | 532.588,40                 | 73,23      | 516.653,17                 | 52,31      | 419.896,25                 | 52,81      | 288.215,14                 | 57,74      |
| 0 - 10  | 24.448,80                  | 5,44       | 85.494,96                  | 11,75      | 142.357,95                 | 14,44      | 98.361,30                  | 12,3       | 74.688,21                  | 14,96      |
| 10 - 25   | 38.473,14                  | 8,78       | 55.371,47                  | 7,61       | 156.781,26                 | 15,91      | 124.472,48                 | 15,66      | 64.836,36                  | 12,99      |
| 25 - 50   | 28.007,92                  | 6,23       | 18.982,80                  | 2,61       | 75.113,74                  | 7,62       | 66.410,63                  | 8,35       | 26.621,05                  | 5,33       |
| 50 - 100  | 13.305,46                  | 2,96       | 9.978,14                   | 1,37       | 39.903,81                  | 4,05       | 36.788,32                  | 4,63       | 12.906,92                  | 2,59       |
| 100 - 200   | 2.757,73                   | 0,61       | 4.345,32                   | 0,6        | 23.244,14                  | 2,36       | 16.213,96                  | 2,04       | 4.622,39                   | 0,93       |
| > 200   | 228,06                     | 0,05       | 2.493,14                   | 0,34       | 18.932,93                  | 1,92       | 6.437,18                   | 0,81       | 1.770,99                   | 0,35       |
| Láminas de agua superficiales y humedales                                       | 2.750,91                   | 0,61       | 7.494,38                   | 1,03       | 4.905,50                   | 0,49       | 6.282,19                   | 0,79       | 3.996,43                   | 0,8        |
| Superficies artificiales  | 14.304,77                  | 3,38       | 10.609,86                  | 1,46       | 8.927,02                   | 0,9        | 21.556,11                  | 2,71       | 21.528,62                  | 4,31       |
| <b>Total</b>  | <b>449.451,04</b>          | <b>100</b> | <b>727.338,49</b>          | <b>100</b> | <b>985.619,52</b>          | <b>100</b> | <b>795.038,42</b>          | <b>100</b> | <b>499.166,11</b>          | <b>100</b> |
| Desiertos y semidesiertos de vegetación con predominio de afloramientos rocosos |                            |            | 18082,41                   | 2,49       |                            |            |                            |            | 18392,44                   | 3,68       |

| Pérdidas de suelo (Tn/ha y año)   | GIRONA                     |            | TARRAGONA                  |            | LLEIDA **                  |            | NAVARRA                    |            |
|---|----------------------------|------------|----------------------------|------------|----------------------------|------------|----------------------------|------------|
|   | Superficie geográfica (ha) | (%)        | Superficie geográfica (ha) | (%)        | Superficie geográfica (ha) | (%)        | Superficie geográfica (ha) | (%)        |
| 0 - 5   | 200.476,17                 | 33,91      | 226.904,09                 | 36,01      | 450.926,25                 | 37,04      | 489.720,05                 | 47,14      |
| 0 - 10  | 108.687,59                 | 18,39      | 124.956,39                 | 19,83      | 269.437,69                 | 22,13      | 179.761,47                 | 17,3       |
| 10 - 25   | 137.649,20                 | 23,29      | 112.025,15                 | 17,77      | 284.485,56                 | 23,36      | 191.636,67                 | 18,44      |
| 25 - 50   | 65.474,32                  | 11,08      | 81.301,45                  | 12,73      | 95.966,50                  | 7,88       | 88.225,29                  | 8,49       |
| 50 - 100  | 29.703,19                  | 5,03       | 43.187,29                  | 6,88       | 54.734,06                  | 4,5        | 46.645,79                  | 4,49       |
| 100 - 200   | 12.619,39                  | 2,14       | 22.623,92                  | 3,59       | 29.077,88                  | 2,39       | 17.697,66                  | 1,7        |
| > 200   | 7.422,17                   | 1,28       | 7.840,66                   | 1,24       | 11.818,06                  | 0,97       | 6.252,66                   | 0,6        |
| Láminas de agua superficiales y humedales                                       | 2.419,54                   | 0,41       | 9.418,76                   | 1,49       | 9.022,50                   | 0,74       | 3.846,14                   | 0,37       |
| Superficies artificiales  | 26.537,33                  | 4,49       | 22.018,52                  | 3,49       | 11.997,38                  | 0,99       | 15.280,38                  | 1,47       |
| <b>Total</b>  | <b>590.988,89</b>          | <b>100</b> | <b>630.286,33</b>          | <b>100</b> | <b>1.217.345,88</b>        | <b>100</b> | <b>1.039.069,11</b>        | <b>100</b> |
| Desiertos y semidesiertos de vegetación con predominio de afloramientos rocosos | 3841,5                     | 0,65       |                            |            |                            |            |                            |            |

\*\* Datos provisionales

