

# ORDENACIÓN DE LOS USOS DEL SUELO SEGÚN LA EROSION HÍDRICA ESTIMADA, EN EL CONCELHO DE MAÇAO (PORTUGAL).

J. L. GARCÍA RODRÍGUEZ\*, J.C. GIMÉNEZ FERNÁNDEZ\*, EILA PROYECTOS\*\* & P. CORTÉS\*\*\*

\* DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA FORESTAL.

\*\* EILA PROYECTOS. MADRID.

\*\*\* GEOTERRA. ESTUDIOS E SERVIÇOS INTEGRADOS,. SEIÇA. PORTUGAL.

## RESUMEN

La metodología se basa en la aplicación de los S.I.G. en la estimación de las tasas de erosión en el Concelho de Maçao. Para ello, se utiliza el modelo U.S.L.E., con el fin de obtener en primer lugar el mapa de paisajes erosivos. Según los resultados obtenidos, en una segunda fase se ordenan los diferentes usos del suelo y establece una primera Ordenación Agrohidrológica del Concelho.

P.C.: Erosión, modelo U.S.L.E., Sistemas de Información Geográfica, Ordenación Agrohidrológica,.

## SUMMARY

The use of G.I.S. in order to estimate erosion rates in Concelho of Maçao Region has been studied. U.S.L.E. model is used to know the erosion state. Secondly the different land uses are put in order and a firts Agrohydrologic Planning of Concelho is made according to the obtained results.

K.W.: Erosion, U.S.L.E. model, Geographic Information System, Watershed Management

## INTRODUCCION

El territorio que constituye el presente Estudio tiene una superficie de 50.277,4 ha; lo suficientemente importante, como para que no se pueda abordar un análisis de la Ordenación de los Usos del Suelo de una manera exhaustiva en una primera fase. En ingeniería corresponde a la figura de un anteproyecto, es decir, el establecimiento de las futuras líneas de actuación que constituirán el proyecto de la Ordenación Agrohidrológica, propiamente dicha, y de las comarcas.

El estudio comienza estudiando el comportamiento termopluviométrico de la zona, para determinar a continuación los caudales líquidos generados por una serie de lluvias tipo y, por último, se estiman las pérdidas potenciales de la erosión hídrica superficial, laminar y en regueros. Esta evaluación de la tasa de la erosión lleva asociada un mapa de pérdidas de suelo, también denominado mapa de estados erosivos.

Con este último mapa se establecerá un mapa posterior de Ordenación de los Usos del Suelo, según la erosión estimada en el concelho involucrado. La representación cartográfica constituye el soporte fundamental para elaborar las futuras actuaciones en materia de conservación de suelos agrícolas y forestales de la zona. Para ello, se recurre al S.I.G. Terrasoft, herramienta completamente necesaria para generar este tipo de mapas resultantes de la superposición de los temáticos relativos a los diferentes parámetros que están íntimamente ligados a la erosión hídrica superficial.

Por otra parte, todo estudio de clásico de Hidrología Forestal, encaminado a la restauración de una zona degradada, define los trabajos resultantes de la Ordenación previa de la cuenca, es decir, las líneas de actuación en las laderas y en los cauces. De este análisis previo o anteproyecto, se derivarán, los posibles proyectos parciales concretados en unidades hidrológicas de trabajo. De esta forma, la superficie total quedará dividida en los sistemas naturales adecuados, en los que verdaderamente tiene cabida un estudio hidrológico.

## METODOLOGIA

Del análisis de los límites administrativos del Concelho de Maçao, se observa que la mayor parte están constituidos por los ejes hidráulicos de los principales cursos que drenan la superficie elegida. Esto supone una primera dificultad desde el punto de vista de todo estudio hidrológico, al poder concretar desde el principio las cuencas hidrográficas sobre las que desarrollar el cálculo de los caudales líquidos.

En el Concelho de Maçao, el límite Este pertenece casi exclusivamente a la margen derecha del río Pracana, y continua con la vertiente derecha del embalse del mismo nombre y más abajo con el río Ocrexa. Continuando en el sentido horario, se puede ver como el río Tajo limita al Sur, y posteriormente el límite corta la principal cuenca hidrográfica de este Concelho; la del río Canas, para continuar por el río Eiras, nuevamente límite natural del Concelho. Después de un breve espacio limitado por el Tajo, continúa con el río Río Frío, continuando por el límite del Concelho de Sardeal, límite administrativo del Concelho de Maçao. Al Oeste del territorio estudiado se observa como el límite vuelve a cortar la cuenca hidrográfica de otro cauce, en este caso el del río Alferrarede, y por último el límite Norte continúa siendo otro drenaje, en este caso, el río Codes.

En principio, se podría pensar en un estudio hidrológico basado en los criterios en los que se basa la Ordenación Agrohidrológica de una cuenca, pero como ya se ha comentado, hay dos factores limitantes, el primero la superficie, en este caso muy extensa; el segundo el hecho de no poder enmarcar la planificación en cuencas vertientes completas, como sería deseable.

Las cuencas hidrográficas solamente se encuentran representadas por alguna de sus márgenes, por lo que resulta imposible un estudio hidrológico completo que tendría que basarse en la generación de los caudales en toda su extensión. Un ejemplo clarificador se puede observar en el límite Este del Río Pracana.

Además de estos motivos, geográficos y administrativos, se pueden añadir otros que afectan a la red meteorológica en la que se enmarcan los dos concelhos. En este sentido, se observa una red escasa en el interior del Concelho, no sucediendo lo mismo fuera, donde se encuentran bien representadas. Esto, en sí no tendría mayor importancia siempre y cuando quedarán representadas extensas áreas interiores, como es el caso de los alrededores de Maçao, punto geográfico de verdadera importancia, pues se podría establecer un reparto areal de precipitaciones (polígonos de Thiessen) o una representación de las isolíneas de

precipitaciones medias y máximas (isoyetas), que dotarán al estudio de una mayor fiabilidad.

A continuación se estudian los caudales líquidos. Para ello, se realiza el mapa fitolitológico en base a los mapas temáticos de litofacies y usos de suelo (tablas 1 y 2). Este mapa está basado en la idea de generación de escorrentías mediante el modelo del Soil Conservation Service (U.S.D.A.), conocido con el nombre del método del Número de Curva.

A cada tipo de complejo suelo-vegetación se le asigna un valor, llamado Número de Curva o Número Hidrológico (NC), variable entre 0 y 100, que será tanto mayor cuanto mayor sea el porcentaje de escorrentía directa generada tras un aguacero.

Atendiendo a los tipos de suelos que caracterizan el territorio estudiado, así como la cubierta vegetal, se establece una tabla específica para el trabajo, tratando de acercarse a la establecida por el citado modelo

Posteriormente se calculan los caudales líquidos mediante el programa CAUDAL3 de la Unidad Docente de Hidráulica e Hidrología de la E.T.S. Ing. de Montes de Madrid, obteniéndose los diferentes caudales de cálculo para los diferentes períodos de retorno establecidos previamente en la fase previa de elaboración, depuración y tratamiento de series de datos de precipitaciones extremas

El siguiente paso es la estimación de la erosión potencial, mediante el modelo U.S.L.E., considerado como herramienta indispensable para planificaciones del territorio en las que se estudien los tipos de erosión más comunes, la erosión laminar y la erosión en regueros. La aplicación de esta metodología implica dividir la cuenca en cuadrículas de 100 x 100 metros y determinar los parámetros que intervienen en el modelo en cada cuadrícula. La erosión de cada subcuenca se obtiene mediante la media aritmética de los valores singulares de erosión de cada una de las cuadrículas.

Se analizan a continuación cada uno de los parámetros que intervienen en el modelo.

Factor lluvia o índice de erosión pluvial,  $R$ . Este índice es un indicador de la torrencialidad de la zona. En este caso se ha considerado el valor de  $150 J \cdot cm / m \cdot hora$ .

Factor de erosionabilidad del suelo,  $K$ , ver Tabla 1

Factor topográfico,  $(L \cdot S)$ . Este valor se establece mediante el mapa de pendientes que se realiza previamente con el sistema Terrasoft. Disponiendo de los mapas de pendientes resulta más sencillo correlacionar directamente la pendiente,  $s$ , con la longitud de declive,  $\lambda$ , basándose en principios, relacionados con las posibles solicitaciones que actúan sobre una partícula de suelo, situada sobre una ladera. Estas solicitaciones son dos, la debida a la aceleración de la gravedad y la debida a la fuerza de empuje del agua, obtenida a partir de la fórmula de Newton, corregida en función de las características del flujo y de la geometría de los materiales transportados. Considerando ambas solicitaciones, se establece la siguiente tabla (Tabla 3), que proporciona el valor final del factor topográfico.

Factor cultivo o/y vegetación,  $C$ . El valor de  $C$  no es constante a lo largo del año, especialmente en el caso de cultivos agrícolas, estableciéndose para su cálculo los períodos de barbecho, siembra (desde las labores secundarias previas a la siembra hasta que el cultivo ha desarrollado una cubierta del 10 %), establecimiento (desde el final de la siembra hasta alcanzar el 50 % de cubierta), crecimiento y maduración (desde el final del establecimiento hasta la cosecha) y rastrojo. En el caso de cubiertas forestales, al ser cubiertas permanentes, su valor permanece prácticamente constante a lo largo del año.

Se han seleccionado los valores medios anuales que se exponen a continuación, a partir de tablas creadas para tal fin.

Factor prácticas de conservación de suelo, P. Se incluyen como tales el cultivo a nivel, el cultivo en fajas y las terrazas. Este factor no se ha tenido en cuenta en este estudio por no encontrar ninguna de las prácticas mencionadas.

*Tolerancia de las pérdidas de suelo y mapa de pérdidas de suelo.* Una vez desarrollado el modelo, se ha llegado a la determinación de la erosión (laminar y en regueros) dentro de la zona estudiada. El procedimiento seguido ha sido la intersección decuatro mapas temáticos mediante la utilización del Sistema de Información Geográfica TERRASOFT. Los cuatro mapas han sido: Mapa del Índice de Erosión Pluvial (R) (constante para toda la cuenca), Mapa de Litofacies (K), Mapa de Pendientes (LS) y Mapa de Usos del Suelo-Vegetación (C); todos ellos convenientemente adaptados para que representen los factores que intervienen en el modelo.

Con todo ello, se ha reflejado la información obtenida en *un Mapa de Pérdidas de Suelo según la U.S.L.E.*, en el que quedan representadas todas las superficies afectadas por los distintos grados de erosión de acuerdo con la "Clasificación Provisional para la Evaluación de la Degradación de los Suelos", confeccionada por la F.A.O., P.N.U.M.A. y U.E.S.C.O. (1981), propone el baremo del Cuadro nº 1.

Tratándose de cultivos en suelos fértiles y profundos, las pérdidas de suelo tolerables se estiman en medio milímetro del perfil edáfico superior por año. Por tanto, admitiendo el peso específico del suelo en  $2 t / m^3$ , las pérdidas se evalúan en 10 t/ha.año.

*Planificación de los Usos del Suelo según el modelo U.S.L.E.* A partir del Mapa de Pérdidas de Suelo establecido se puede confeccionar un *nuevo Mapa de Ordenación de los Usos del Suelo según el modelo U.S.L.E.*, de acuerdo con la tabla 4.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

LOPEZ CADENAS DE LLANO, F. et al., (1994) *Restauración Hidrológico-Forestal de Cuencas y Control de la Erosión*. Ed. TRAGSA - Mundi-Prensa, Madrid.

MINTEGUI, J.A. y LOPEZ UNZU F., (1990) *La Ordenación Agrohidrológica en la Planificación*. Servicio de Publicaciones del Gobierno Vasco. Vitoria.

SERRADA HIERRO, R (1981) Proyecto de Ordenación Agrohidrológica de la Cuenca del Tramo Medio del Río Jarama. M.A.P.A., ICONA, Guadalajara.

SIMON NAVARRETE DE E., MINTEGUI, J.A, GARCIA RODRIGUEZ J.L. y ROBREDO, J.C., (1993). *La Restauración Hidrológico Forestal en las Cuencas Hidrográficas de la Vertiente Mediterránea*. Información Técnica Nº 22/93. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.

<i>Pérdidas de suelo A (t/ha.año)</i>	<i>Grado de la erosión hídrica</i>
< 10	Ninguna o ligera
10 - 50	Moderada
50 - 200	Alta
> 200	Muy alta

Cuadro nº 1.

<i>Código</i>	<i>Sustrato geológico</i>	<i>Valor del factor K</i>
1	Rocas correspondientes al sustrato cristalino (granito, gneis, ...), rocas basálticas.	0,10
2	Rocas silíceas compactas (rocas metamórficas, areniscas duras, cuarcitas, ...)	0,18
3	Rocas sedimentarias bien consolidadas (calizas duras, dolomías, ...)	0,30
4	Cuaternario (depósitos recientes)	0,70

Tabla 1

<i>Uso del suelo</i>	<i>Valor del factor C</i>
<i>Arbolado Fcc 0,4-0,7</i>	0,03
<i>Arbolado Fcc &gt; 0,7</i>	0,01
<i>Arbolado con matorral</i>	0,04
<i>Mat. con arbustos C.T. &lt; 70 %</i>	0,2
<i>Mat. con arbustos C.T. &gt; 70 %</i>	0,1
<i>Pastizal con matorral</i>	0,15
<i>Pastizal</i>	0,1
<i>Desierto rocoso</i>	0,01

Tabla 2

s %	<i>m = 0,30</i>		<i>m = 0,40</i>		<i>m = 0,50</i>		<i>m = 0,60</i>	
	$\lambda$	L·S	$\lambda$	L·S	$\lambda$	L·S	$\lambda$	L·S
100							5	28,5
70					8,5	21,8		
60					11	18,5		
30			58	10,7				
24	64	6,7						
18	78	4,4						
12	100	2,4						
3	233	0,5						

Tabla 3

<i>Vocación del suelo</i>	<i>Estado de la erosión en las unidades homogéneas</i>	<i>Código</i>
<b>Terrenos Forestales</b>	A<At Uso actual del suelo compatible	<b>1</b>
	A>At Uso actual del suelo incompatible (es preciso sustituir o mejorar)	<b>2</b>
<b>Terrenos Agrícolas</b>	A<At Uso actual del suelo compatible	<b>3</b>
	A>At; A*P<At siendo P la práctica de conservación de suelos. Uso actual del suelo compatible	<b>4</b>
	A>At; A*P>At Uso actual del suelo incompatible. Es preciso reclasificar	<b>5</b>
<b>Improductivo</b>		<b>6</b>

A representa las pérdidas de suelo en las unidades homogéneas.

At representa las pérdidas de suelo tolerables (10 t/ha.año).

Tabla 4



Foto 1. Aspecto de la erosión en regueros en repoblación joven de *P. pinaster*



Foto2. Aspecto de la erosión en cárcavas incipientes provocadas por los regueros no corregidos.