

# Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación de la USLE y gvSIG en una cuenca forestal

Dr. Manuel Esteban Lucas Borja

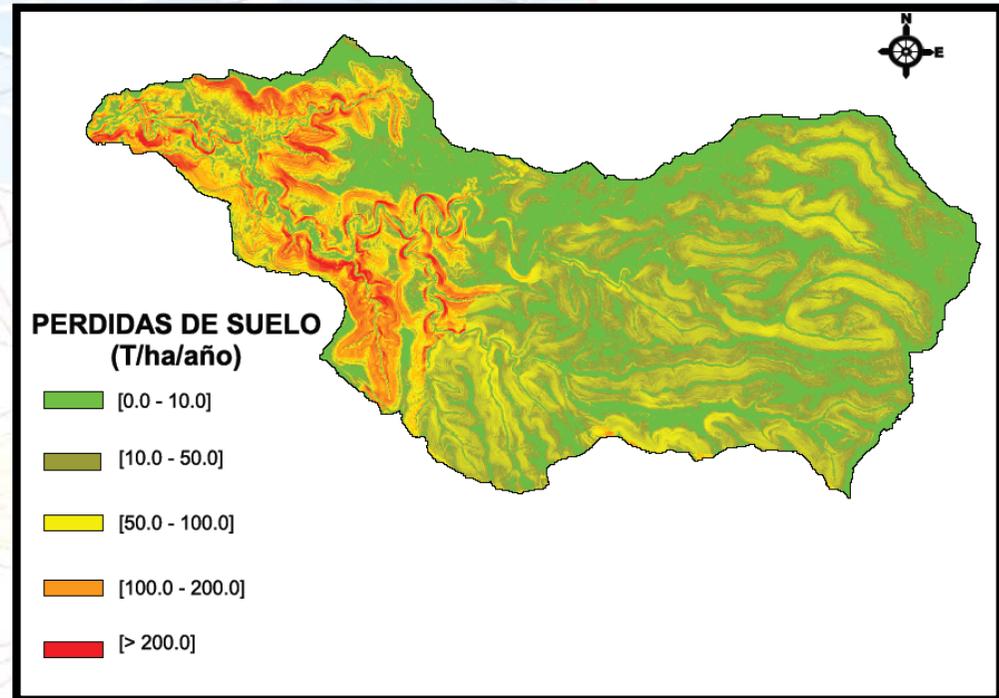
Departamento de Ciencia y Tecnología  
Agroforestal y Genética

Universidad de Castilla La Mancha

Mail: ManuelEsteban.Lucas@uclm.es

Web:

<http://www.uclm.es/profesorado/manuelestebanlucas/>



## Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación de la USLE y gvSIG en una cuenca forestal

### Índice

- Problema de la erosión y la pérdida de suelo
- Modelo USLE
- Cálculo de la pérdida de suelo con Gvsig
- Resultados y apoyo a la planificación de espacios forestales

# Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación de la USLE y gvSIG en una cuenca forestal

## Índice

- Problema de la erosión y la pérdida de suelo
- Modelo USLE
- Cálculo de la pérdida de suelo con Gvsig
- Resultados y apoyo a la planificación de espacios forestales

## Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación de la USLE y gvSIG en una cuenca forestal

“We know more about the movement of celestial bodies than about the soil underfoot.” -  
Leonardo Da Vinci, circa 1500's

La pérdida de suelo por erosión hídrica supone en la actualidad un grave problema medioambiental a nivel global, ya que contribuye intensamente a la pérdida de biodiversidad y productividad de los suelos en todo el planeta (Pimentel, 1995).

**Soil formation**

*(weathering of  
parent material)*



**Soil degradation**

*(erosion, losses, nutrient depletion,  
salinization, pollution, decline in  
biodiversity)*

10 cm = 2000 años

## Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación de la USLE y gvSIG en una cuenca forestal



21.03.2014

# Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación de la USLE y gvSIG en una cuenca forestal



# Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación de la USLE y gvSIG en una cuenca forestal



## Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación de la USLE y gvSIG en una cuenca forestal

### Índice

- Problema de la erosión y la pérdida de suelo
- Modelo USLE
- Cálculo de la pérdida de suelo con Gvsig
- Resultados y apoyo a la planificación de espacios forestales

## Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación de la USLE y gvSIG en una cuenca forestal

El modelo paramétrico USLE, basado en una serie de relaciones estadísticas entre las pérdidas de suelo y determinadas variables reconocidas como los factores implicados de mayor significación en el proceso de erosión hídrica, permite la evaluación de las pérdidas de suelo por erosión laminar mediante la expresión:

### EXPERSIÓN GENERAL DEL MODELO U.S.L.E.

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

Donde,

- A: Pérdidas de suelo ( $\text{To} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ )
- R: Índice de erosión pluvial ( $\text{J} \cdot \text{cm} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{hora}^{-1}$ )
- K: Índice de erosionabilidad del suelo ( $\text{t} \cdot \text{m} \cdot \text{hora} \cdot \text{J} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ )
- L·S: Factor topográfico formado por los factores, longitud de pendiente, L (m) y, pendiente, S (grados).
- C: Factor de cultivo (vegetación o de uso del suelo)
- P: Prácticas de conservación de suelo

## Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación de la USLE y gvSIG en una cuenca forestal

### Índice

- Problema de la erosión y la pérdida de suelo
- Modelo USLE
- Cálculo de la pérdida de suelo con Gvsig
- Resultados y apoyo a la planificación de espacios forestales

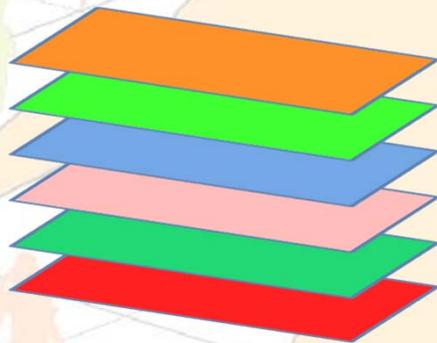
# Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación de la USLE y gvSIG en una cuenca forestal

ECUACIÓN UNIVERSAL PÉRDIDAS DE SUELO

6 FACTORES

EXPERSIÓN GENERAL DEL MODELO U.S.L.E.

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$



CAPAS RÁSTER



CALCULADORA DE MAPAS



CAPA DE RESULTADOS

## Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación de la USLE y gvSIG en una cuenca forestal

### FACTOR R

REPRESENTA LA POTENCIA DEL AGUACERO PARA EROSIONAR SUPERFICIALMENTE EL SUELO, POR LO QUE ES UN ÍNDICE DE TORRENCIALIDAD.

# Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación de la USLE y gvSIG en una cuenca forestal

The screenshot displays the SIGA web application interface. At the top, there is a header with the Spanish Government logo and the text "GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE". The main map area shows a topographic map with a red location pin. A toolbar at the top contains various navigation and tool icons. On the left, there is a "Mapa" panel with a legend and a "Localizar" panel for geolocation. On the right, there is an "Identificar" panel showing a table of data for the selected "Factor R" layer.

<http://sig.magrama.es/siga/>

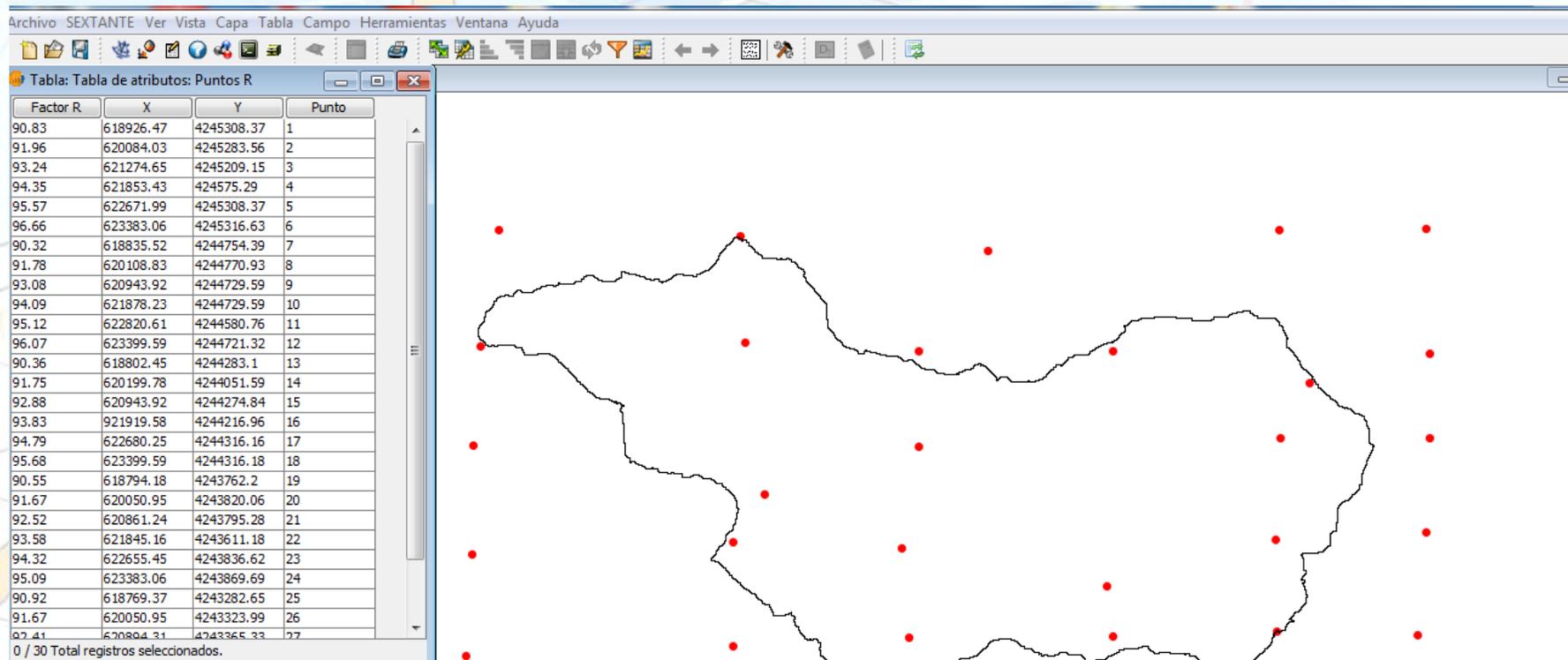
Campo	Valor
Factor R	91,87

Proyección UTM / Elipsoide ETRS 1989

Sistema de Información Geográfica de Datos agrarios

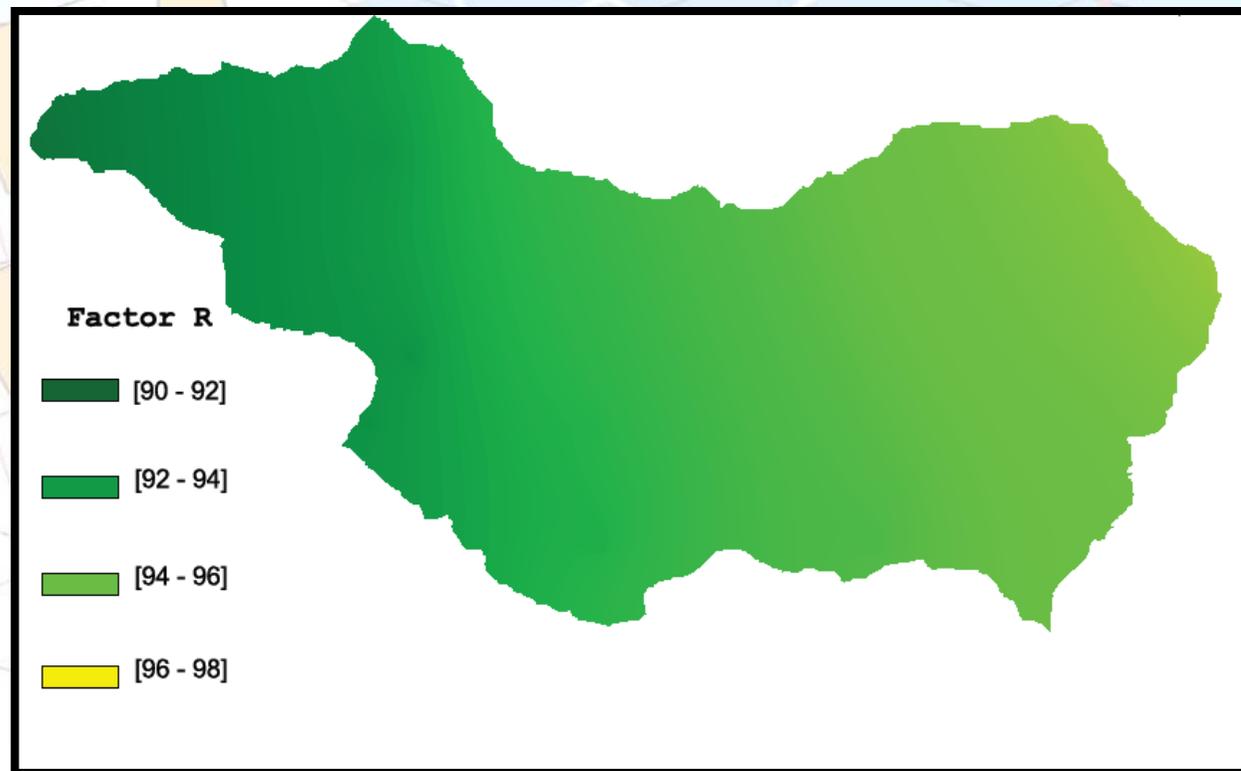
ESCALA:1/15.625

# Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación de la USLE y gvSIG en una cuenca forestal



# Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación de la USLE y gvSIG en una cuenca forestal

## RESULTADOS DEL FACTOR R



# Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación de la USLE y gvSIG en una cuenca forestal

## FACTOR K

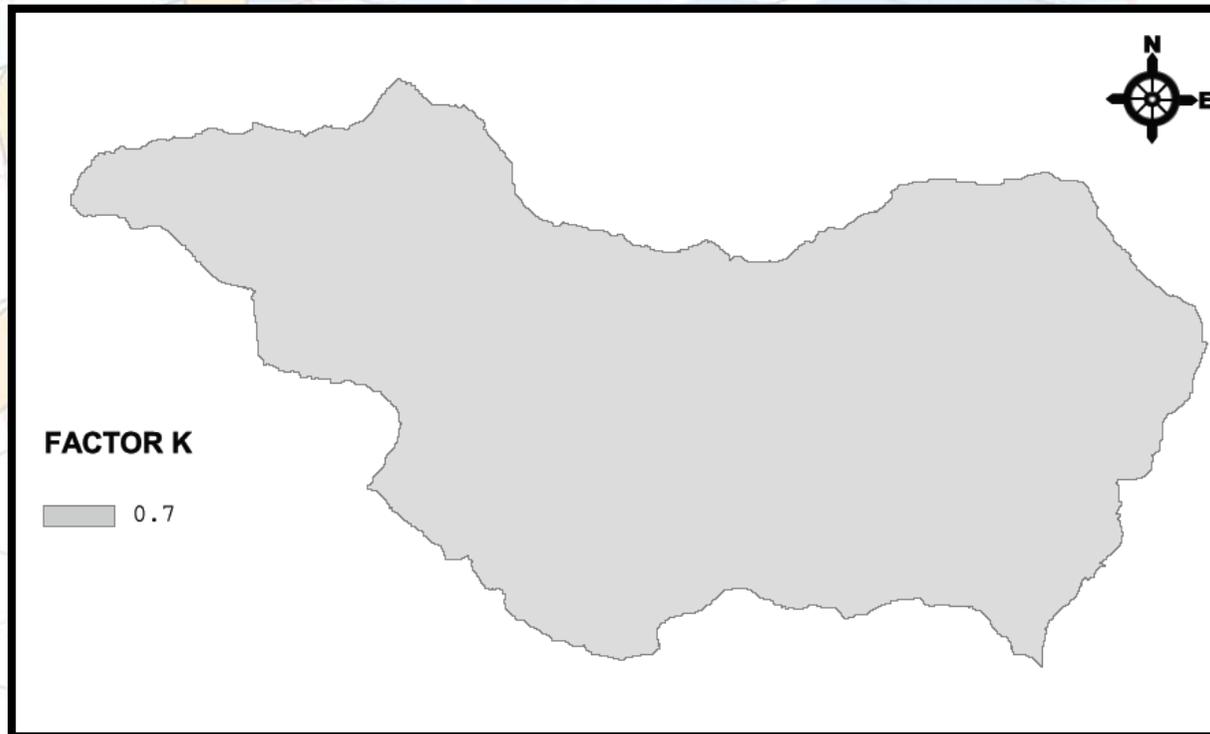
ES UN ÍNDICE DE EROSIONABILIDAD Y REPRESENTA LA SUSCEPTIBILIDAD DEL SUELO A SER EROSIONADO. PÉRDIDA DE SUELO POR UNIDAD DE EROSIVIDAD DE LA PARCELA ESTÁNDAR.

Asignamos un valor de K para cada tipo de litología, según una publicación del ICONA 1982.

Tipos de rocas formadoras del substrato superficial o litofacies	Rango del factor K (máx. –mín.)
Rocas correspondientes al estrato cristalino (Granito, gneis,...) y rocas basálticas.	0,05 –0,15
Rocas silíceas compactas (metamórficas, areniscas duras, cuarcitas, ...)	0,10 –0,25
Rocas sedimentarias bien consolidadas (calizas duras, dolomías, calcarenitas, ...)	0,20 –0,40
Rocas sedimentarias blandas (margas, yesos, formaciones flysh, calizas poco consolidadas, areniscas disgregables, ...)	0,40 –0,60
Rocas cuaternarias (depósitos recientes)	0,40 –1,00

# Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación de la USLE y gvSIG en una cuenca forestal

## RESULTADOS DEL FACTOR K



# Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación de la USLE y gvSIG en una cuenca forestal

## FACTOR L.S

ESTE FACTOR COMBINA EL FACTOR L, LONGITUD DE PENDIENTE Y EL FACTOR PENDIENTE, S, AUMENTANDO LAS PÉRDIDAS CONFORME AUMENTA LA PENDIENTE DEL TERRENO.

PENDIENTE, S (%)	FACTOR L.S
100	28,5
70	21,8
60	18,5
30	10,7
24	6,7
18	4,4
12	2,4
3	0,5

$$L.S = \left( \frac{F_{acc} \cdot \text{tamaño celda}}{22,13} \right)^{0,4} \cdot \left( \frac{\sin(S)}{0,0896} \right)^{1,3}$$

FUENTE: Desmet y Govers, 1996

$$\left\{ \begin{array}{l} \forall s \leq 30\% \Rightarrow L \cdot S = 0,009 \cdot s^2 + 0,00798 \cdot s \\ \forall s > 30\% \Rightarrow L \cdot S = 0,2558 \cdot s + 3,248 \end{array} \right\}$$

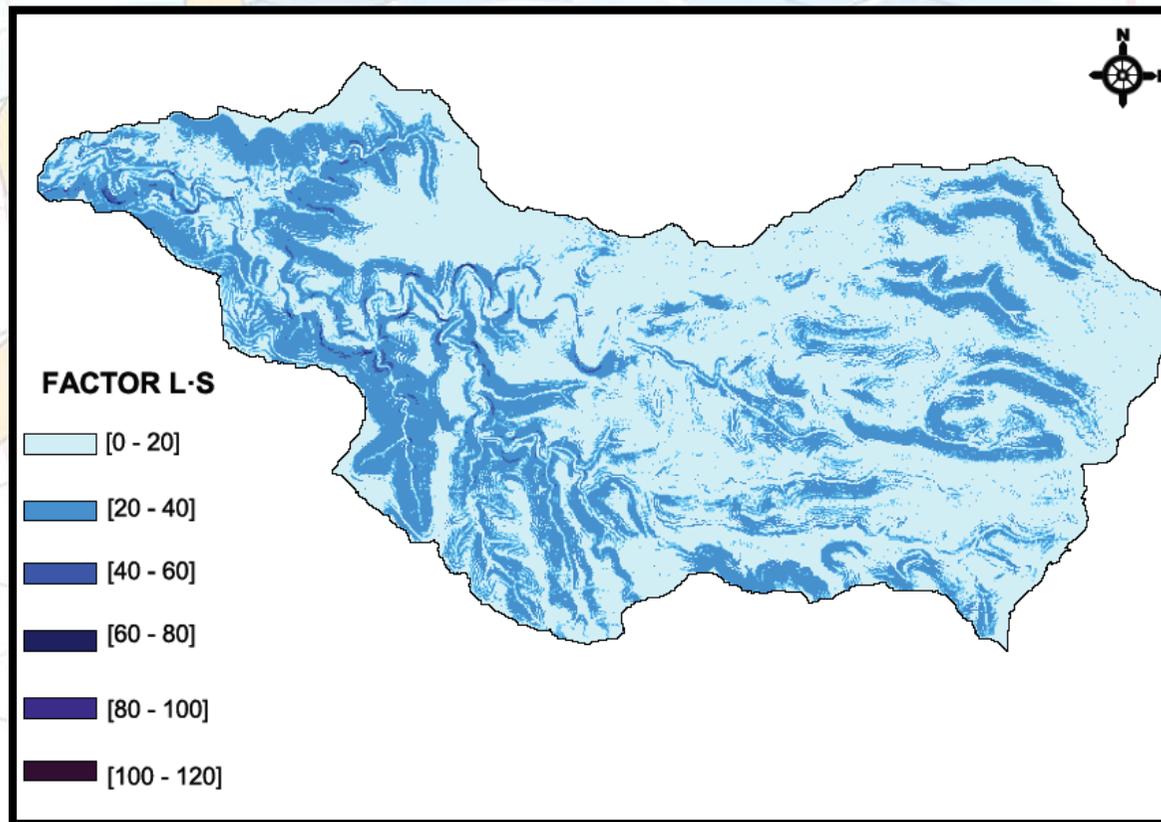
FUENTE: MINTEGÜI-BARRIOS, 2000

calcular L.S con lenguaje GvSIG:

```
if(Pendiente.tif Band 1 <= 30,0.009*Pendiente.tif Band 1^2+0.0798*Pendiente.tif Band 1,0.2558*Pendiente.tif Band 1+3.248 ) (Siendo Pendiente.tif el ráster de pendientes que tenemos cargado)
```

# Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación de la USLE y gvSIG en una cuenca forestal

## RESULTADOS DEL FACTOR L·S



# Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación de la USLE y gvSIG en una cuenca forestal

## FACTOR C

EL EFECTO QUE LA VEGETACIÓN PROPORCIONA AL SUELO, QUE DEPENDE DE TRES SUBFACTORES:

- 1) FCC ARBÓREA
- 2) FCC ARBUSTIVA
- 3) RESTOS DE MATERIA VEGETAL



FUENTE: CORINE LAND COVER

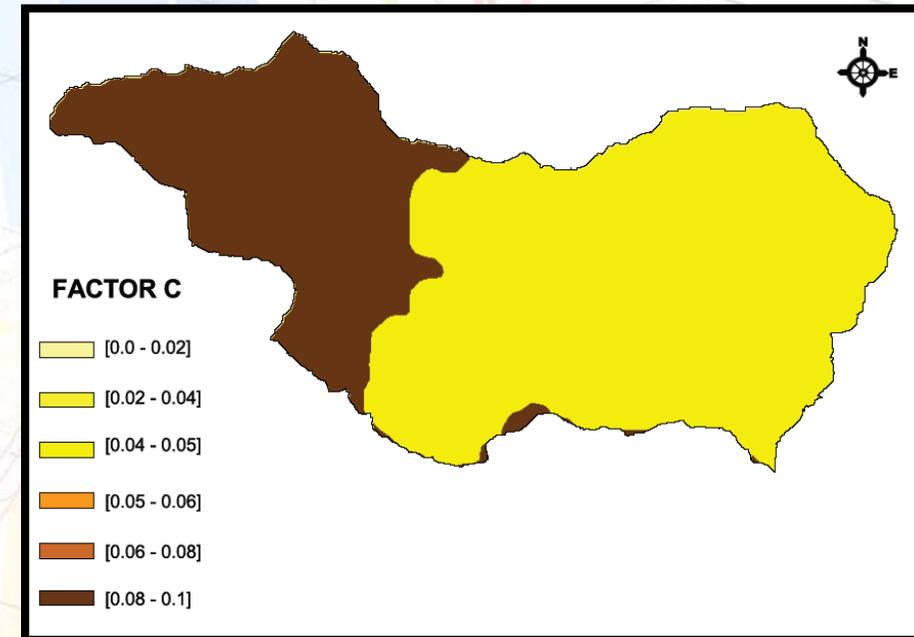
EQUIVALENCIA TABLA  
DEL PRONTUARIO  
FORESTAL (ICONA, 1989)

MAPA DE USOS DE SUELO CORINE LAND COVER/MFE

# Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación de la USLE y gvSIG en una cuenca forestal

## RESULTADOS DEL FACTOR C

Usos del suelo	C
Arbolado con Fcc: 20% - 70%	0.03
Arbolado con Fcc > 70%	0.01
Arbolado con matorral	0.04
Matorral con arbustos, Fcc < 70%	0.20
Matorral con arbustos, Fcc > 70%	0.10
Pastizal con matorral	0.15
Pastizal	0.10
Cultivos arbóreos de secano (almendros, olivos, viñedos, ...)	0.40
Cultivos anuales y herbáceos	0.25
Cultivos en regadío	0.04
Improductivos (poblaciones, embalses, canteras, roquedos, ...)	1.00



# Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación de la USLE y gvSIG en una cuenca forestal

## FACTOR P

FACTOR DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN, QUE DEPENDE DEL MÉTODO DE CULTIVO, A NIVEL, EN FAJAS Y EN TERRAZAS, ASI COMO DE LA PENDIENTE.

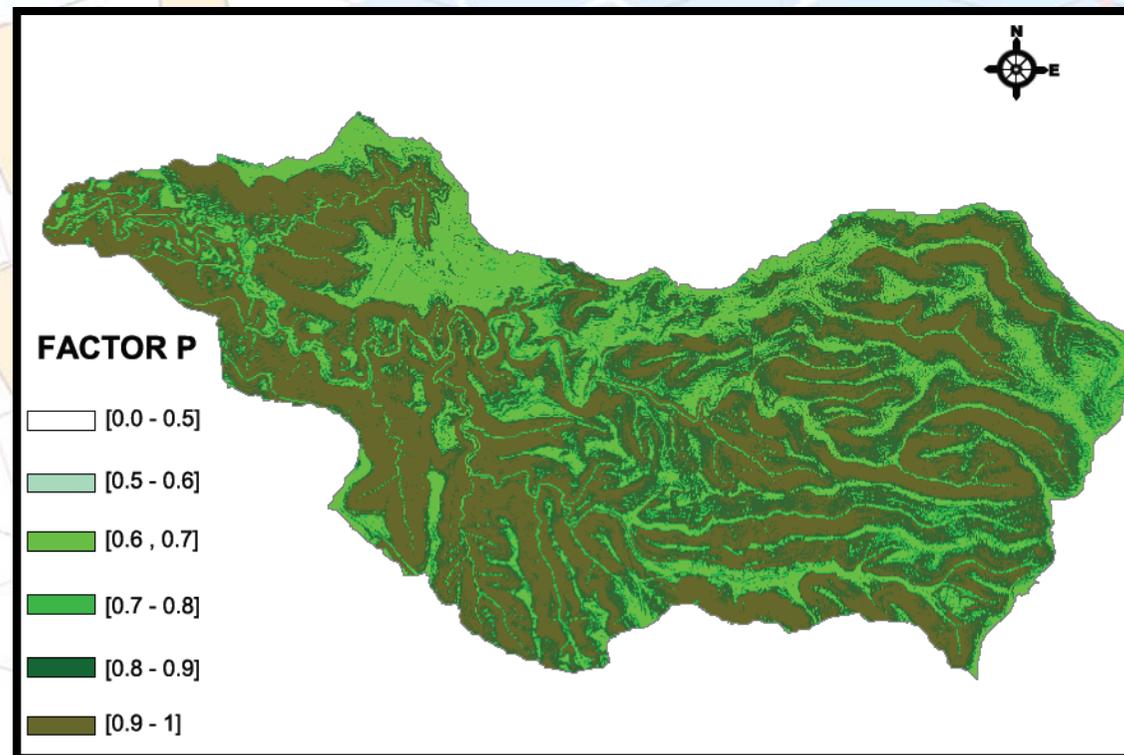
PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS	FACTOR P
En curvas de nivel (1-15% pendiente)	0,60
En curvas de nivel (16-25% pendiente)	0,85
Terrazas (desagües encespedados)	0,14
Terrazas (desagües subterrneos)	0,05
Hoyos a nivel	0,13
Sin practicas de conservación	1,00

% PENDIENTE	CULTIVO A NIVEL	CULTIVO EN FAJAS	CULTIVO EN TERRAZAS	
			a	b
De 2 a 7	0,5	0,25	0,1	0,05
de 8 a 12	0,6	0,3	0,12	0,05
de 13 a 18	0,8	0,4	0,16	0,05
de 19 a 24	0,9	0,45	0,18	0,06

*Correspondiendo el apartado (a) de cultivo en terrazas a las terrazas de desagüe con canal encespedado y el (b) a las terrazas de infiltración.*

# Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación de la USLE y gvSIG en una cuenca forestal

## RESULTADOS DEL FACTOR P



## Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación de la USLE y gvSIG en una cuenca forestal

### Índice

- Problema de la erosión y la pérdida de suelo
- Modelo USLE
- Cálculo de la pérdida de suelo con Gvsig
- Resultados y apoyo a la planificación de espacios forestales

# Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación de la USLE y gvSIG en una cuenca forestal

SEXTANTE - 5 Algoritmos

Algoritmos

- SEXTANTE
  - Algoritmos no espaciales
    - Calculadora
    - Calculadora de mapas
  - Herramientas de cálculo para capas raster
    - Calcular ángulo de líneas
  - Herramientas para capas de líneas
    - Calcular ángulo de líneas
  - Herramientas para capas vectoriales
    - Calculadora de campos
  - TIN
    - Calcular curvas de nivel

Calculadora de mapas

Parámetros Región de análisis

Capas

- Raster\_factorC Band 1
- Raster2\_factor K Band 1
- Raster\_LS Band 1
- Raster2\_factorP Band 1
- Raster2\_factorR Band 1

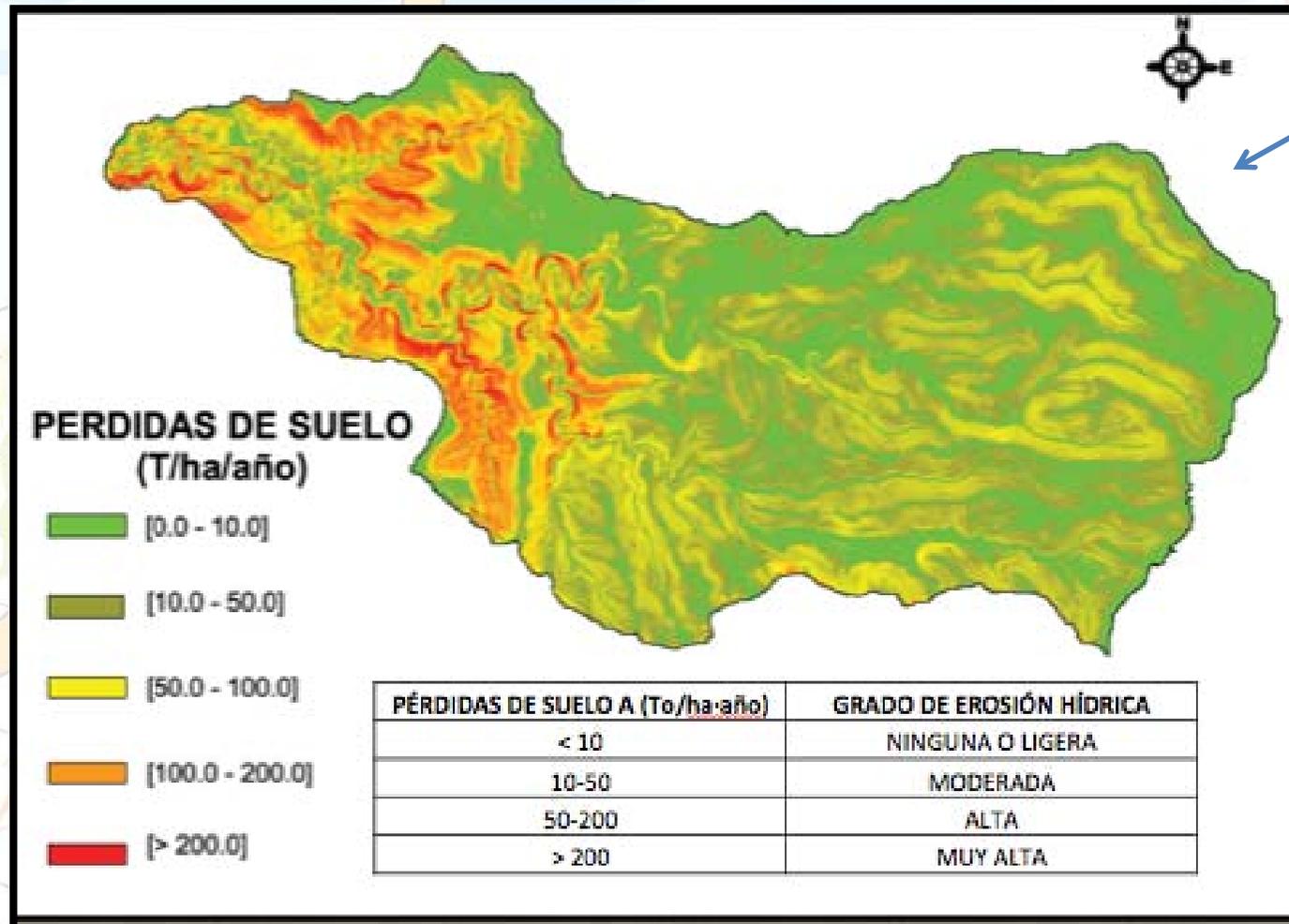
Funciones

Raster\_factorC Band 1 \* Raster2\_factor K Band 1 \* Raster\_LS Band 1

Resultado C:\Users\joaquin\Desktop\Raster\_LSCK

Aceptar Cancelar

# MAPA DE PÉRDIDAS DE SUELO



Unidades de actuación

# Evaluación de la pérdida de suelo mediante la ecuación de la USLE y gvSIG en una cuenca forestal

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

Código	Actuaciones en el territorio (selección de alternativas)	Superficie (ha)
1	Mantener la masa forestal. Cuidados culturales y cortas de regeneración	2028,21
2	Repoblación forestal mediante la técnica de preparación del suelo que aconseje la pendiente. La plantación se llevará a cabo con <i>Pinus halepensis</i> , <i>Quercus ilex</i> y <i>Q. faginea</i>	647,38
3	Mantener los cultivos tradicionales, siempre que resulten de interés, ordenándolos convenientemente y aplicando las medidas de conservación de suelos agrícolas pertinentes	7374,43
4 y 5	En este código se representan los dos casos posibles, donde se aconsejaría introducir una práctica de conservación del suelo agrícola conveniente para reducir las pérdidas de suelo.	1123,83
6	Improductivo	299,92

## CRITERIOS PARA LA ORDENACIÓN AGROHIDROLÓGICA DE LAS MICROCUENCAS OBTENIDAS EN LA APLICACIÓN AL CASO REAL

PENDIENTE	FCC ARBÓREA	ORIENTACIÓN	PÉRDIDA DE SUELO	IG	FCC MATORRAL	ACTUACIONES
<12%	Cualquiera	Cualquiera	Situación más probable A<At	Cualquiera	Cualquiera	Trampas control de plagas y comederos para la dispersión zoócora
						Repoblaciones, desbroces y apeos mecanizados
12-30%	Cualquiera	N, NE, NO, O y SO	Situación más probable A>At	Cualquiera	Cualquiera	Repoblaciones mecanizadas en curva de nivel y aterrazado
		Cualquiera				>30%
		Cualquiera	A>At	<1,4	Cualquiera	Albarradas de unos 60 cm y diques
		<30%	Cualquiera	Situación más probable A>At	Cualquiera	Cualquiera
>20%	Fajinadas de longitud máxima 5 m					
30-60%	Cualquiera	N, NE, NO, O y SO	Situación más probable A>At	Cualquiera	Cualquiera	Repoblaciones con ahoyado manual y aterrazado
		S, SE, SO, E y O				>30%
		Cualquiera	A>At	<1,4	Cualquiera	Desbroces manuales selectivos
		<30%	Cualquiera	Situación más probable A>At	Cualquiera	Cualquiera
>20%	Cordones buscando las zonas de menor pendiente					
>60%	Cualquiera	S, SE, SO, E y O	Situación más probable A>At	Cualquiera	Cualquiera	Fajinadas de longitud máxima 3 m
						Apeos con extracción de sangre y quema de restos
						Hidrosembras

# BIBLIOGRAFÍA

- Mapas de estados erosivos, 1988. Cuenca hidrográfica del Segura. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- Hidrología forestal y protección de suelos, técnicas y experiencias en dirección de obras, 1992. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- Mintegui Aguirre, JA y López Onzu, F., 1990. La ordenación agrohidrológica en la planificación. Administración de la comunidad autónoma de Euskadi. Departamento de Agricultura y Pesca. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. Vitoria-Gasteiz.
- TRAGSA, 1998. Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de la erosión, Segunda edición ampliada y revisada. Ingeniería medioambiental. Ediciones Mundi-prensa. Madrid.
- Díez Hernández, JM, 2007. Evaluación de la erosión hídrica en cuencas hidrográficas.
- SERVICIO DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO AGRARIO\_SIGA (<http://sig.magrama.es/siga/>)

Muchas gracias!