Aplicación del modelo de erosión "GAMES" a cuencas de drenaje del sureste peninsular

Carmelo Conesa García
Universidad de Murcia

RESUMEN:

Sobradamente conocida es la importancia de la erosión hídrica en las tierras semiáridas del Sureste Peninsular. Su valoración cuantitativa es compleja y encierra serios problemas de adecuación empírica e instrumentalización. Esta preocupación por evaluar la magnitud e impacto medioambiental de dicho fenómeno queda puesta claramente de manifiesto en el presente trabajo, donde se muestran las cantidades de erosión potencial del suelo, índices de liberación de aportes fluviales y producciones de sedimentos, calculados para distintas unidades hidrológicas.

Para el cálculo de estos parámetros se ha adoptado el modelo "GAMES" (Guelph Model for evaluating the effects of Agricultural Management Systems on Erosion and Sedimentation), siendo aplicado a cinco cuencas de drenaje de características físicas y usos del suelo diferentes, y en condiciones de Otoño, estación que, en este área mediterránea, presenta el mayor grado de erosión hídrica del año.

El control de la erosión del suelo en las tierras agrícolas y de la sedimentación asociada a la corriente es un objetivo básico dentro de los programas de actuación de numerosos entes públicos y países (HOLY, 1984). El creciente interés sobre estos temas ha conducido a la elaboración de nuevos modelos y programas de "conservación de suelos" (SEDALK, 1975; BEASLEY et alt., 1980); FAO, PNUMA, UNESCO (1980); PIERCE et alt., 1983; HADLEY, 1985; MINTEGUI, 1985), para estimar las cantidades potenciales de erosión del suelo, producciones de sedimentos y el grado de control de determinadas prácticas agrícolas.

La magnitud del problema de la erosión en la región mediterránea española ha sido puesta ya de manifiesto en numerosas ocasiones: en 1956 por GARCIA FERNANDEZ, refiriéndose de manera singular a las provincias de Almería, Granada y Murcia. Más recientemente por ABREU Y PIDAL (1975), la Comisión Interministerial del Medio Ambiente (CIMA) en su Informe General: Medio Ambiente en España (1978), ICONA (1982), LOPEZ ONTIVEROS (1984), LOPEZ BERMUDEZ (1984) (1986) y GRUPO DE TRABAJO REGIONAL DEL SEGURA (1985).

Para el caso de este espacio, y en particular del Sureste Peninsular, caracterizado por profundos contrastes estacionales, se impone la aplicación de modelos que incluyan factores de pluviometría, protección natural del suelo y ordenación de

cultivos diferentes según las estaciones del año. El modelo escogido en la presente investigación de acuerdo con este criterio, es el GAMES (*Guelph Model for evaluating theeffects of Agricultural Management Systems on Erosion and Sedimentation*), modelo detalladamente descrito por CLARK (1981), y CLARK y DICKINSON (1981), y aplicado recientemente por DICKINSON y RUDRA (1986) para unidades y cuencas de drenaje.

1.- DESCRIPCION DEL MODELO

La resultante de erosión de GAMES se basa en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (WISCHEMEIER y SMITH, 1978), modificada para estimar la erosión producida durante una determinada estación del año.

$$A_s = R_s \cdot K_s \cdot LS \cdot C_s \cdot P_s$$

Donde, A_s = Pérdida de suelo calculada por unidad de área en la estación seleccionada; R_s = Factor de erosión estacional; K_s = Factor de erosionabilidad del suelo; LS = Factor pendiente y longitud del declive; C_s = Variable cultivo y ordenación estacional del suelo.

El porcentaje de pérdida potencial del suelo liberado por el cauce principal se calcula con el GAMES mediante la expresión que define la **razón de liberación** siguiente:

$$DR_s = \alpha \left(\frac{1}{n_s} \cdot S^{1/2} \cdot HC_s \cdot \frac{1}{L_s} \right)^{\beta}$$

Donde, DR_s = Razón de liberación estacional entre dos puntos seleccionados y $0<DR<1$; n_s = Rugosidad estacional de la superficie (según el índice de MANNING); HC_s= coeficiente hidrológico estacional, índice de las cantidades de flujo superficial; S = Factor pendiente; L_s = Longitud de la corriente superficial en la estación escogida (en este estudio, longitud de la corriente principal en época de crecida); α,β = Parámetros de calibración.

En el caso de que el cauce del sector analizado discurra por terrenos relativamente inclinados antes de afluir al colector principal, la expresión sería:

$$DR_s = \alpha \left[1/ \sum_{j=1}^{m} \left(n_{sj} \cdot \frac{1}{S_j^{1/2}} \cdot \frac{1}{HC_{sj}} \cdot L_{sj} \right) \right]^{\beta}$$

La estimación de los valores n_s de rugosidad superficial ha sido efectuada a través de los resultados obtenidos en relación con corrientes poco profundas (REE

et alt., 1977; KIMES et alt., 1979), teniendo en cuenta las características geométricas del cauce de las ramblas estudiadas, la vegetación y la granulometría de sus depósitos de lecho (COWAN, 1956; GARDINER y DACKOMBE, 1963).

El rango normal de los valores n_S asignados a los sectores escogidos varía de 0,018 a 0,15; 0,018 para canales de tierra excavados en arcilla limosa, con depósitos de arena limpia en el centro y barro arenoso liso cerca de los lados (**fig.-1**), 0,020 para canales con lecho liso y césped y costados revestidos con mampostería, 0,030 para cauces limpios en planicie, 0,040 en tierras llanas cultivadas, 0,050 para tramos curvados con algunas pozas y bancos (**fig.-2**), 0,070 para tramos sucios, con matorral en el lecho y márgenes "rugosos", y 0,10-0,15 para tramos con gran cantidad de gravas y guijarros, lechos irregulares y abundancia de matorrales y arbustos bajos (**fig.-3**).

Siguiendo los criterios de GHATE y WHITELEY (1962), el coeficiente hidrológico HC_S de cada cuenca ha sido identificado como primario, secundario o terciario, de acuerdo con los usos del suelo, condiciones de humedad de los suelos y factores hidrológicos. Como área primaria se define aquélla que tiene alta probabilidad de experimentar un flujo superficial capaz de librar partículas de suelo en la estación considerada, mientras que el área secundaria presenta poca probabilidad de registrar corrientes superficiales y la terciaria carece prácticamente de ellas.

CLARK (1981) asigna a HC_S valores del y 0,05 para las áreas primarias y terciarias respectivamente. Las áreas secundarias pueden adoptar valores muy variados, comprendidos entre 0,06 y 0,99, según las condiciones anteriormente expuestas.

El factor **LS** se determina de igual manera que en la Ecuación Universal de Suelo, en tanto que α **y** β se obtienen mediante calibración del GAMES.

1.1.- Base de datos

El modelo se ha aplicado a cinco cuencas de drenaje distintas, situadas en la mitad meridional de la región de Murcia y caracterizadas por condiciones naturales y antrópicas; **Cuenca de la Rambla del Cabezo Gordo** (1), que traduce una morfología llana a la vez que una intensa ocupación agrícola del suelo; **Cuenca de la Rambla del Albujón** (2), sobre la que se instala una red dendrítica con tramos fuertemente modificados por el hombre; **Cuenca de la Rambla de la Carrasquilla** (3), con superficie dedicada en la misma proporción a usos agrícolas y formaciones naturales; **Cuenca de la Rambla de Benipila** (4), y **Cuenca de la Rambla del Portús** (5), tomadas como ejemplo de medios geomorfológicos frágiles en donde la intervención humana se ha dejado sentir notablemente sin llegar todavía hoy a una situación de control.

La obtención de los datos utilizados en la aplicación del GAMES a estas cuencas está basada en las siguientes fuentes:

1.- Las pendientes son calculadas independientemente a partir de mapas de pendientes relativas. Las áreas restrictivas que oponen las pendientes frente a determinados usos del suelo (agrícolas y forestales) también han sido determinadas previamente mediante la delimitación de **"barreras topográficas"** en las cuencas-tipo seleccionadas (CONESA, 1987).

2.-Los tipos de suelo han sido establecidos según el **Estudio Edafológico del Campo de Cartagena** del I.N.I.A. (1973) y los trabajos de ALIAS y ORTIZ (1975-1978)

3.- Los usos del suelo son determinados a partir de los **Mapas de Cultivos y Aprovechamientos** 1/50.000 del MINISTERIO DE AGRICULTURA, con información agraria correspondiente a 1977, los fotogramas aéreos E: 1/18.000 (I.R.Y.D.A., 1978), **los Anuarios de Estadística Agraria Provincial de 1980-1985** y observaciones de campo.

A continuación, se combina cada uno de estos datos y se delimitan sectores específicos dentro de las cuencas, cada uno caracterizado por un singular uso y tipo de suelo y una categoría particular de pendientes.

Junto a los valores de estas variables se representan los valores del factor C_s de cultivo y ordenación asignado a cada sector en **la estación de otoño**, considerada como la de mayor potencial erosivo del área, al coincidir la etapa de mayor cuantía e intensidad pluviométrica con el estado comparativamente más desprotegido de las tierras agrícolas (terrenos arados, cultivos herbáceos...), con valores C_s entre 0,06 y 0,24. La estimación del factor K_s de erosionabilidad del suelo en otoño se ha determinado mediante la metodología propuesta por DICKINSON et al. (1982) en su obra **Seasonal variations in soil erodibility.**

1.2.- Parámetros de calibración

Siguiendo la metodología de DICKINSON y RUDRA (1986), los valores de ∂ y β han sido estimados mediante una "subrutina" de optimización, previa comparación de las cargas de sedimentos de las citadas cuencas, calculadas a través del GAMES, con las determinaciones en los estudios del *PULARG (Pollution from Land Use/Activities Reference Group)* (COOTE et al., 1982). El análisis estadístico se halla basado en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo y en la Ecuación del Indice de Liberación de Sedimentos (**cuadro.- I**), aplicándose en tres cuencas predominantemente agrícolas [(1), (2) y (4)] y en dos cuencas agrupadas como sectores geomorfológicamente frágiles, con vertientes desprovistas de cobertura vegetal y una **agricultura de secano marginal** basada en el aterrazamiento [(3) y (5)].

Cuadro I. Valores medios de las variables que intervienen en el cálculo de las ecuaciones de DR3. Cuencas-tipo del Campo de Cartagena.

Cuenca Localizac.	Ks	LS	Cs	S	Ps	n_s
(1) Torre Pacheco	O,510	1,104	0,062	0,14	0,124	0,020
(2) Rambla del Albujón	0,432	2,263	0,110	0,25	0,140	0,031
(3) R. Benipilla	0,410	4,455	0,220	0,91	0,170	0,074
(4) Rambla de la Carrasquilla	0,390	3,350	0,238	0,47	0,146	0,040
(5) Rambla del Portús	0,377	5,604	0,239	1,54	0,155	0,125

Factor $R_s = 1$

Los parámetros de calibración del Indice de Liberación de Sedimentos se expresan en el **cuadro II**, junto a la estimación de las cargas de sedimentos en condiciones otoñales y la superficie de cada cuenca.

En las cuencas de la Rambla de Benipila (3) y Rambla del Portús (5) se han empleado medidas experimentales de cargas de sedimentos para la determinación de los valores óptimos de α y β. En el resto de las cuencas [(1), (2) y (4)] las cargas de sedimentos correspondientes han sido calculadas a través de ecuaciones de regresión que permiten ajustar sus condiciones con las cargas potenciales de producción de sedimentos, a partir de los resultados obtenidos en las cuencas (3) y (5) (WALL et al., 1982). En todos los casos, las cargas estimadas por ecuación de regresión pueden asumirse como representativas de los valores de erosión fluvial en los años agrícolas analizados (1985-1986).

Cuadro II. Cargas de sedimentos estimadas para la estación de otoño, correspondientes a los valores optimados de los parámetros α y β.

		Carga de sedimentos estimada para otoño			
Cue	Area (KM2)	(T)(miles)	(T/Ha)	α	β
(1)	30,3	0,28	0,09	11,8	0,64
(2)	441,3	16,33	0,37	14,2	0,44
(3)	72,5	7,03	0,97	12,0	0,50
(4)	28,5	2,00	0,70	11,0	0,67
(5)	15,9	1,78	1,12	10,5	0,70

Por término medio, el 70-75 por ciento de los aportes materiales calculados son susceptibles de ser transportados en respuesta a las lluvias y escorrentías torrenciales de otoño. Se ha realizado, sin embargo, toda una serie de acondicionamientos para frenar la erosión y al mismo tiempo aprovechar agrícolamente la mayor superficie posible de tierras. Este hecho se constata de diferente forma en las cuencas estudiadas. En las **cuencas** (1) y (2) se han ensanchado cauces poco profundos, aplanándolos y convirtiéndolos en tierras de labor. En las **cuencas** (3) y (5) se ha optado por la implantación de todo un sistema de terrazas escalonadas y diques de contención de arrastres de sólidos. En consecuencia, la reducción del volumen de aportes materiales generados en condiciones de fuertes aguaceros otoñales puede estimarse del 0 al 40 por ciento.

2.- VALORACION DE LOS RESULTADOS

El método GAMES ha sido aplicado a cinco cuencas-tipo, con datos referidos a la estación de otoño de 1985 y 1986. La calibración del modelo bajo estas condiciones se realiza mediante los valores optimizados de α y β empleados para la predicción de corrientes y cargas de sedimentos (**cuadro II**).

Este modelo, desarrollado por sectores que tienen, dentro de cada cuenca condiciones similares en otoño, incluye la erosión potencias del suelo por hectáreas y kilómetro cuadrado, según sectores y categorías, el índice de liberación dæ sedimentos de cada sector y la producción de sedimentos por hectárea. En este sentido, la **figura 4** muestra dos ejemplos de mapas resultantes, uno de erosión potencial, y otro de producción de sedimentos, correspondientes a la cuenca de la **Rambla de Benipila** (3), en tanto que el **cuadro III** ofrece un resumen de los valores de erosión y cargas de sedimentos en otoño de la erosión del suelo y producción de sedimentos se expone en los **cuadros IV** y **V**, estableciéndose un total de cinco categorías para cada cuenca.

Del análisis de los mapas y cuadros resultantes se deducen algunas observaciones de particular interés:

Los promedios de pérdida del suelo por unidad de área, calculados para la estación de otoño, son muy bajos en algunas de las cuencas seleccionadas. **La cuenca de la Rambla del Cabezo Gordo** (1), considerada como representativa de las tierras llanas del Campo de Cartagena, dedicadas a cultivos de regadío y labores intensivas, representa en otoño uno de los índices de erosión más bajos de la comarca (0,6 T/Ha). La mayor variedad morfológica de la cuenca que drena la **Rambla del Albujón,** inscrita también en gran parte dentro del área de dominio agrícola, contribuye a aumentar la erosión potencial hasta 2,1 T/Ha, cantidad todavía baja en comparación con la registrada en las cuencas meridionales. Sin embargo, dentro de esta cuenca, la erosión por unidad de área varía sensiblemente de unos sectores a otros, anotándose en ella la mayor variación espacial de las observadas en las cuencas tipo (0-45 T/Ha).

Cuadro III. Estimación de la erosión del suelo y cargas de sedimentos en suspensión para las avenidas de otoño en las cuencas seleccionadas.

	Area Cuenca (Km2)	EROSION POTENCIAL total (T, miles)	media (T/Ha)	Variación espacial (T/Ha)	PRODUCCION DE SEDIMENTOS (*) total (T, miles)	media (T/Ha)	Variación espacial (T/Ha)
(1)	30,3	2,82	0,6	0-21,0	0,28	0,09	0-1,0
(2)	441,3	92,67	2,1	0-45,0	16,33	0,37	0-4,3
(3)	72,5	68,87	9,5	0-36,2	7,03	0,97	0-2,9
(4)	28,5	17,05	6,3	0-30,0	2,00	0,70	0-1,8
(5)	15,9	17,31	10,9	0-32,1	1,12	1,12	0-3,8

(*) Liberados por el cauce principal de cada cuenca.

Las cuencas costero-meridionales situadas al oeste de Cartagena (Cuencas (3) y (5)) presentan los valores medios de erosión potencial más altos del conjunto estudiado. No obstante, existen apreciables variaciones espaciales (O-36 T/Ha y 0-32 T/Ha, respectivamente) que ponen de relieve la presencia de áreas geomorfológicas muy contrastadas. Tal es el caso de la oposición, dentro de la cuenca de la Rambla del Portús, de vertientes "estabilizadas" (flanco norte de La Muela) y terrenos escarpados con vegetación esteparia y abundancia de materiales sueltos (Cabezo de la Estrella y Puntal del Moco)

Cuadro IV. Erosión potencial de las cuencas seleccionadas por áreas y categorías del índice de erosión (condiciones de otoño).

Cuenca	Categoría del índice de erosión (*)	SUPERFICIE (%)	SUPERFICIE Km²	EROSION POTENCIAL (%)	EROSION POTENCIAL (T,miles)
(1)	a	89,1	27,0	26,0	0,47
	b	2,0	0,6	5,5	0,11
	c	5,9	1,8	31,5	0,57
	d	3,0	0,9	37,0	0,67
	e	0,0	0,0	0,0	0,00
(2)	a	42,4	187,1	7,9	7,32
	b	31,5	139,0	28,1	26,04
	c	19,0	83,9	36,0	33,36

	d	6,3	27,8	23,5	2,78
	e	0,8	3,5	4,5	4,17
(3)	a	31,6	22,9	6,8	4,68
	b	28,7	20,8	17,7	12,19
	c	19,1	13,8	23,1	15,91
	d	17,4	12,7	42,0	28,93
	e	3,2	2,3	10,4	7,16
(4)	a	42,1	12,0	7,2	1,29
	b	18,5	5,3	13,2	2,37
	c	22,0	6,3	30,2	5,42
	d	17,4	4,9	49,4	8,97
	e	0,0	0,0	0,0	0,00
(5)	a	22,2	3,5	5,0	0,87
	b	29,3	4,7	17,2	2,98
	c	30,0	4,8	35,7	6,19
	d	18,5	2,9	42,1	7,29
	e	0,0	0,0	0,0	0,00

- Promedio estación de Otoño:

(*)a:	0,0- 2,5	T/Ha
b:	2,5- 5,0	T/Ha
c:	5,0-10,0	T/Ha
d:	10,0-30,0	T/Ha
e:	>30	T/Ha

Clases de pérdidas de suelo por erosión hídrica establecidas para promedios anuales por ICONA (1982).

Nivel / Pérdidas de suelo (T/Ha/año)	
Ninguna o ligera	<10
Baja	10-25
Moderada	25-50
Acusada	50-100
Alta	10-200
Muy alta	>200

En las cuencas más protegidas por la vegetación con intercalación de pequeños sectores desnudos erosionables, la mayor parte de la erosión de otoño se produce en superficies muy reducidas, por ejemplo, el 74 por ciento de erosión potencial del suelo registrado durante los meses de otoño en la **Cuenca** (1) corresponde sólo al 11 por ciento de la superficie de dicha cuenca, y el 79 por ciento de la erosión en la C. (4) se atribuye al 39 por ciento del área de la cuenca. En la **Cuenca** (2) **(Rambla del Albujón)**, constituida por una amplia llanura bordeada al NW y SW por elevaciones de relativa importancia, de 300 a 1.000 metros de altura, se observa también este hecho, aunque de forma menos acusada, ya que el

64 por ciento de la erosión tiene lugar en el 26 por ciento de la superficie vertiente (**cuadro IV**). *La distribución espacial de la erosión en las cuencas costero-meridionales*, dotadas de una mayor irregularidad topográfica, es mucho más uniforme, predominando los sectores de erosión moderada a acusada según la clasificación de ICONA (1982).

Cuadro V. Producción de sedimentos de las cuencas seleccionadas por áreas y categorías (condiciones de otoño).

Cuenca	Categoría del índice de producción sedimentos(*)	SUPERFICIE (%)	SUPERFICIE (Km2)	PROD.SEDIMENTOS (**) (%)	PROD.SEDIMENTOS (**) (T,miles)
(1)	a	84,5	25,6	35,7	0,10
	b	11,9	3,6	32,1	0,09
	c	0,7	0,2	3,6	0,01
	d	1,6	0,5	14,3	0,04
	e	1,3	0,4	14,3	0,04
(2)	a	61,2	270,0	20,0	3,27
	b	29,5	130,2	46,3	7,56
	c	6,7	29,5	21,3	3,48
	d	2,3	10,1	10,0	1,63
	e	0,3	1,5	2,4	0,39
(3)	a	51,3	37,2	9,7	0,68
	b	33,1	24,0	26,1	1,83
	c	9,2	6,7	14,9	1,05
	d	5,7	4,1	12,0	0,84
	e	0,7	0,5	37,3	2,63
(4)	a	52,6	15,0	13,5	0,27
	b	36,1	10,3	41,9	0,84
	c	7,4	2,1	17,6	0,35
	d	1,8	0,5	10,8	0,22
	e	2,1	0,6	16,2	0,32
(5)	a	28,3	4,0	3,0	0,05
	b	38,4	6,1	17,9	0,32
	c	25,1	4,0	32,8	0,58
	d	8,2	1,3	40,3	0,72
	e	0,0	0,5	6,0	0,11

(*) a: 0,00-0,25 T/Ha (Inapreciable)
b: 0,25-0,50 T/Ha (Ligera)

c:	0,50-1,00	T/Ha	(Baja)
d:	1,00-2,00	T/Ha	(Moderada)
e:	> 2,00	T/Ha	(Acusada)

(**) Liberados por el cauce principal de cada cuenca o unidad hidrológica.

La producción de sedimentos de las cuencas analizadas (0,09 a 1,12 T/Ha) no es muy grande en términos relativos. Apenas supone la octava o novena parte de la erosión potencial, pero, al igual que ésta, varía notablemente dentro de cada cuenca, registrándose de nuevo las mayores diferencias en la **Cuenca** (2) (0-4,3 T/Ha).

Lo mismo que ocurre con la erosión potencial, la mayor parte de los materiales arrastrados por las crecidas otoñales en las **Cuencas** (1) y (2) proceden de áreas que representan un pequeño porcentaje de la superficie vertiente (**cuadro V**). Más del 64 por ciento del área de la cuenca y aproximadamente el 87 por ciento de los sedimentos generados durante la misma estación en la **Cuenca** (4) proviene del 47 por ciento de su superficie. Esta proporcionalidad inversa entre el área y volumen de producción de sedimentos es también acusada en la **Cuenca de la Rambla del Albujón** (2), pese a sus variados usos agrícolas del suelo y la presencia de relieves marginales más extensos, ya que en menos del 39 por ciento de sus tierras se produce el 80 por ciento de la carga total de sedimentos. La **cuenca de la Rambla de Benipila** (3) puede incluirse dentro de este grupo, aunque ya presenta una mayor uniformidad espacial en la liberación y producción de sedimentos.

Sin duda, la cuenca que registra los índices de producción más homogéneos, además de elevados, es la perteneciente a la **Rambla del Portús** (5), en la que alrededor del 79 por ciento de los sedimentos generados procede del 33 por ciento de su superficie.

Las áreas de erosión representadas guardan estrecha relación con las áreas de pendientes relativas. Así por ejemplo, en la **Cuenca** (3), los valores más altos de erosión potencial (30 T/Ha) coinciden, en gran medida, con los sectores más escarpados (Peñas Blancas y Cabezo de Roldán). Y en la **cuenca de la Rambla de la Carrasquilla** (4) la mayoría de las tierras con pendientes inferiores al 2 por ciento no rebasan nunca 2,5 T/Ha.

Los sectores de litologías "blandas", con textura granular suelta y escasa o ninguna cubierta vegetal, presentan, aun en prendientes moderadas, índices muy elevados de erosión. Los casos más destacados son el tramo alto de la **Rambla de Peñas Blancas** (subcuenca de C. (3)), donde abundan las areniscas con algunas intercalaciones de yesos y arcillas, y la **Cuesta de Galifa** (C. (5)), formada casi en su totalidad por arenas, margas y areniscas. En estos sectores, cuya pendiente media es inferior al 25 por ciento, se alcanzan en torno a 15-18 T/Ha en la estación de otoño.

Un detallado análisis de los mapas base indicados al principio del trabajo y observaciones de campo han demostrado que las tierras en barbecho, con pendien-

tes muy suaves (< 1 por ciento), pueden incrementar hasta 3 el grado de erosión con respecto a las cultivadas, y que, en condiciones topográficas similares, cuando la pendiente es del orden de 5 a 10 por ciento, las tierras ocupadas por frutales de secano o barbecho semillado multiplican por 10-15 la erosión potencial calculada para las áreas de erial y monte bajo

Las tierras llanas y peniplaniciadas proporcionan cantidades muy escasas de sedimentos a los cauces de las ramblas. Los porcentajes más altos de liberación y producción de sedimentos transportables a lo largo de estos colectores se dan en los terrenos en barbecho más escarpados, próximos a dichas arterias fluviales. Los relieves suavemente ondulados situados en el interior de algunas cuencas (sectores comprendidos entre El Escobar y la Murta, en la **cuenca de la Rambla del Albujón**), con hileras de cultivo y surcos dispuestos en el sentido de la pendiente, pueden mostrar una importante erosión local pero sólo aportan una ínfima cantidad de sedimentos a la corriente.

3.- CONCLUSIONES

Los suministros de sedimentos a los cauces de las ramblas, en las esporádicas corrientes superficiales de otoño, suelen proceder de áreas relativamente pequeñas, pudiéndose hablar de una concentración de la liberación de sedimentos aguas arriba, en los sectores de cabecera. Más del 53 por ciento de la carga de sedimentos fluviales se origina en menos del 20 por ciento en las Cuencas (4) y (5), y más del 55 por ciento de la producción total de sedimentos en las cuencas (1) y (2) se efectúa en sectores con fuerte erosión y escasa aportación de sedimentos a los cauces de las ramblas. En estos dos casos, el impacto de diversas prácticas culturales (barbecho, uso generalizado de fertilizantes, intenso laboreo del suelo...) contribuyen a acelerar los procesos erosivos aun en terrenos de escaso declive como los situados en la ribera del Mar Menor. La mayor parte de los materiales erosionados, librados por la acción de intensos aguaceros, recorren poca distancia desde el área fuente, originando pequeños "pseudodeltas" interiores o derramándose con mayor frecuencia en terrenos de difícil drenaje.

Los resultados de las Cuencas situadas al Oeste de Cartagena son bastante diferentes, puesto que son áreas seriamente problemáticas, con elevados índices de pérdida de suelo y generación de sedimentos. En ellas aumenta la proporción de sectores de fuerte erosión potencial, en torno al 40 por ciento, y de las tierras con problemas de sedimentación, llegando a significar estas últimas, en la **cuenca de la Rambla del Portús**, más del 55 por ciento.

REFERENCIAS

ALIAS, L. J. y ORTIZ SILLA, R. (1977): *Aridisoles del Campo de Cartagena (Murcia).* I, II y III. **Anales de Edaf, y Agrob.**, t. XXXVI, núms. 3-4. pp. 193-205; 207-231; 329-339.

ALIAS, L. J. y ORTIZ SILLA, R. (1978): *Mollisoles del Campo de Cartagena (Murcia). Características generales y mineralógicas.* **Anales de Edaf. y Agrob.**, t. XXXVII, núms, 1-2, pp. 139-163.

BEASLEY, D.B.; HUGGINS, L.F. y MONKE, E.J. (1980): *Answers a model for waatershed planning.* **Trans, ASAE**, 23(4), pp. 983-944.

CLARK, D.J. (1981): **And Expression for Determining Sediment Delivery Ratios.** M. Sc. Thesis, University of Guelp, Guelp, Ontario. Canada.

CLARK, D.J. y DICKINSON, W.T. (1981): *Estimation of sediment deliveery ratios.* **AIC Paper.** Nº 81-401, Agri. Inst. of Canada, Ottawa, Ontario, Canada.

CONESA GARCIA, CC. (1987): **Hidrología y geomorfología de los sistemas de drenaje del Campo de Cartagena.** Tesis doctoral (Inédita). Univ. de Murcia, pp. 983-992.

COWAN, (1985): *Estimating hydraulic roughness coefficients,* **Agricultural Engineering**, 227, 473-475.

COOTE,D.R.; MacDONALD, E. M.; DICKINSON, W.T.; OSTRY,R.C. & FRANK, R. (1982):*Agricultural and water quality and the Canadian Great Lakes Basin: I Representative agricultural watershed,* **J.Environ.Qual.**, 11 pp, 475-481.

DICKINSON, W.T., PALL, R. Y WALL, G.J. (1982): *Seasonal variations in soil erodibility,* **ASAE**, Nº 82-2573, **Amer. Soc. Agri. Engr.**, St, Joseph, Michigan.

DICKINSON, W.T., RUDRA, R.P. WALL, G.L. (1986): *Identification of soil erosion and fluvial sediment problems.* **Hydrological Processes**, vol. 1, pp. 111-124.

FAO, PNUMA, UNESCO· (1980): **Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos.** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Roma, 86 p.

GARDINER, V. & DACKOMBE, R. (1983): **Geomorphological field manual.** Allen, London.

GHATE, S. R. y WHITELEY, H. R. (1982): *GAWSER-a modified HYMO model incorporating areally variable infiltration.* **Transactions of the ASAE,** 25 (1), pp. 134-142.

GRUPO DE TRABAJO REGIONAL DEL SEGURA (1985): **Estudio sobre la evaluación de recursos hidráulicos superficiales e hidroeléctricos. Tomo VI. Erosión hídrica.** Plan Hidrológico Nacional. Confederación Hidrográfica del Segura. MOPU.

HADLEY, R .F. et al. (1985): **Recent developments in erosion and sediment yields estudies.** Technical Documents in Hydrology, International Hydrological Programme, UNESCO., París, 127 p.

ICONA (1982): *Problemática de la erosión. Programa de acciones en la vertiente mediterránea.* Documento presentado en la **I Reunión de Investigadores del Proyecto LUCDEME.** Univ. de Granada, 24 ff. multicopiados.

ICONA (1982): *Paisajes erosivos en el Sureste Español. Ensayo de Metodología para el estudio de su cualificación y cuantificación.* **Proyecto LUCDEME.** Monografía 26, 67 p. más 10mapas.

KIMES, S.C., BAKER, J.C. y JOHNSON, H. P. (1979): *Sediments transport from fiel to stream: partiele size and yied.* **ASAE.Paper Nº. 79-2529, Amer. Soc. Agri. Engr.,** St. Josseph, Michigan.

LOPEZ BERMUDEZ, F. (1984): *La erosión hídrica de los suelos en el dominio mediterráneo español. Percepción y diagnóstico geográfico.* **Tarraco. Cuadernos de Geografía.** Vol. 4-5, Universidad de Barcelona-Tarragona, 26 p.

LOPEZ BERMUDEZ, F. (1986): *Evaluación de la erosión Hídrica en las áreas receptoras de los embalses de la Cuenca del Segura. Aplicación de la U.S.L.E.* En **Estudios sobre Geomorfología del Sur de España.** Dpto. de Geografía-Física (Univ. de Murcia), Dep. of Geography (Univ. of Bristol) y COMTAG (International Geographical Union), Murcia, p. 93-97.

LOPEZ ONTIVEROS, A. (1984): *Actividad agraria y medio ambiente.* En **Geografía y Medio Ambiente. Monografía de la Dir. Gral. del Medio Ambiente,** MOPU, Madrid, pp. 215-253.

MINTEGUI AGUIRRE, J. A. et al. (1985): **Metodología para la evaluación de la erosión hídrica.** MOPU. Dir. Gral. Medio Ambiente. Documentación. Madrid, 150 p.

PIERCE, F. J.; LARSON, W. E.; DOWDY, R.M. y GREHEM, W.A.P. (1983): *Productivity of soils; assessing long term changes due to erosion,* **J. Soil Wat. Cons.** 38, pp.. 39-40.

REE, W.O., WIMBERLEY, F. C. y CROW, F.R. (1977): *Manning n and the overload flow equation.* **Trans, ASAE,** 20 (l), pp. 89-95.

WALL, G.J.; DICKINSON, W.T. & Van VLIET, L.J.P. (1982): *Agriculture and water quality in the Canadian Great Lakes Basin: fluvial sediments.* **J. Environ. Qual.**, 11, pp. 482-486.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D.D. (1978): **Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning.** Agriculture Handbook, Nº. 537, 58 p.

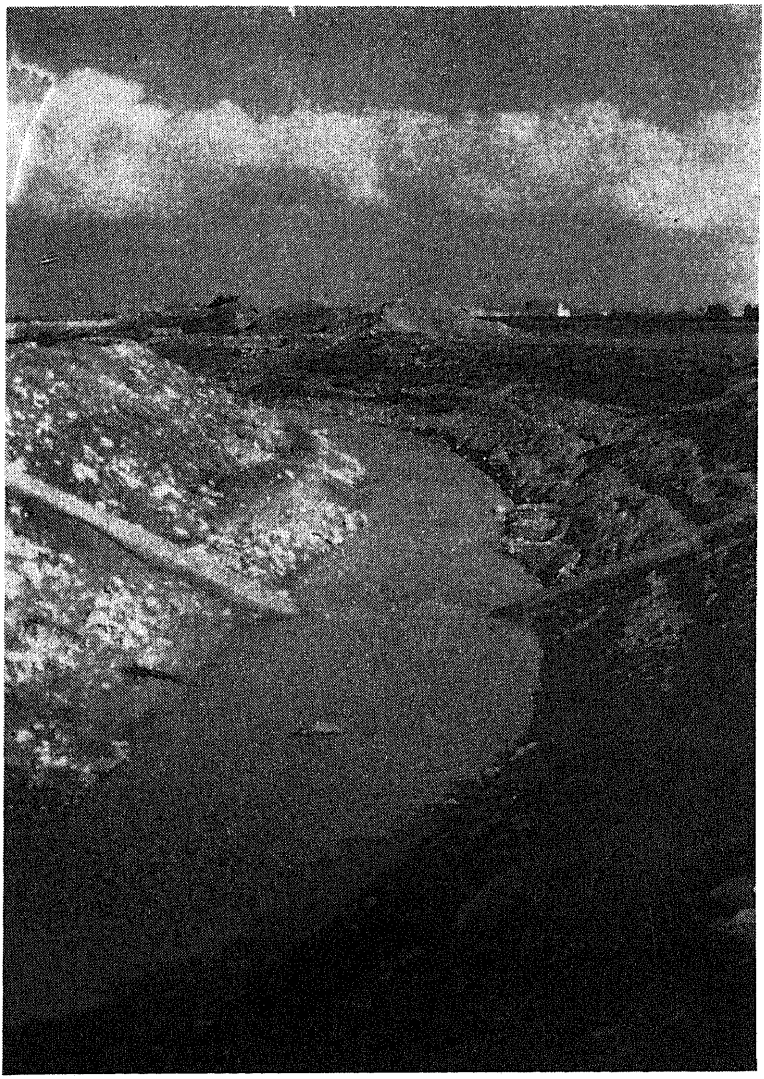


Fig.- 1. n. medio = 0,018; n. máximo = 0,022; Canal de tierra excavada en la Rambla del Albujón. Pozo Estrecho.

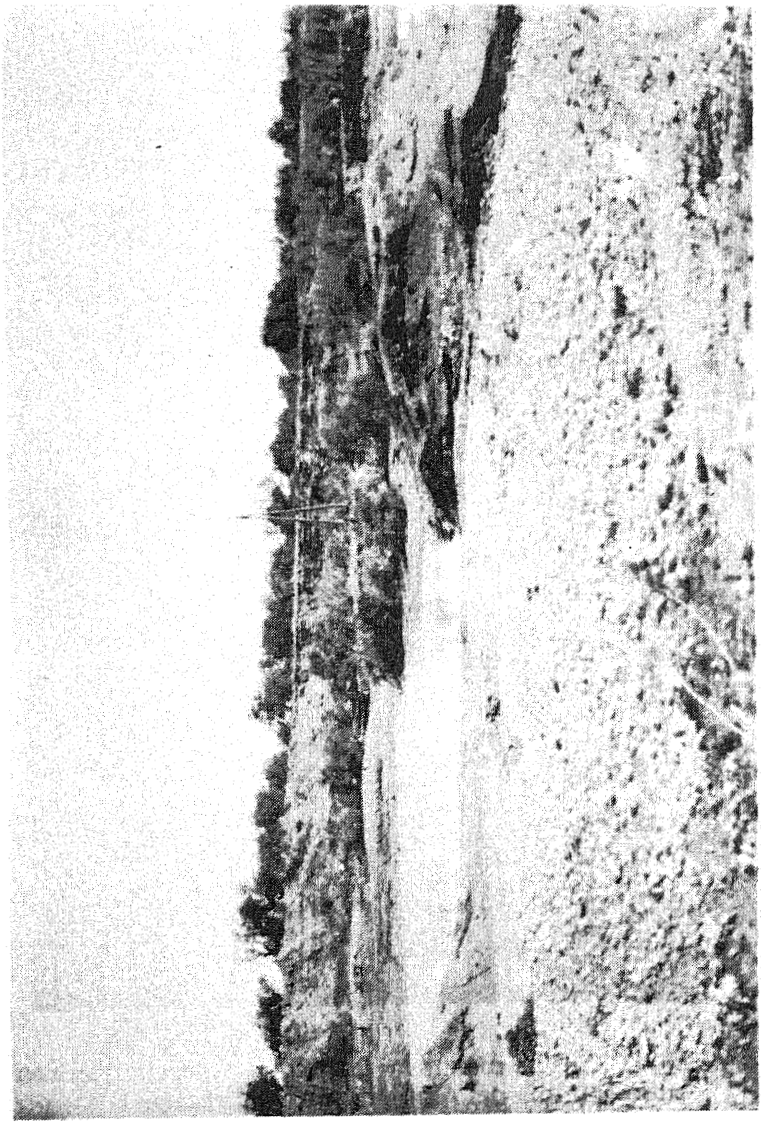


Fig.- 2.- n_s = 0,05. Rambla de Puente Alamo. Lecho irregular provisto de barras centrales y arbustos.

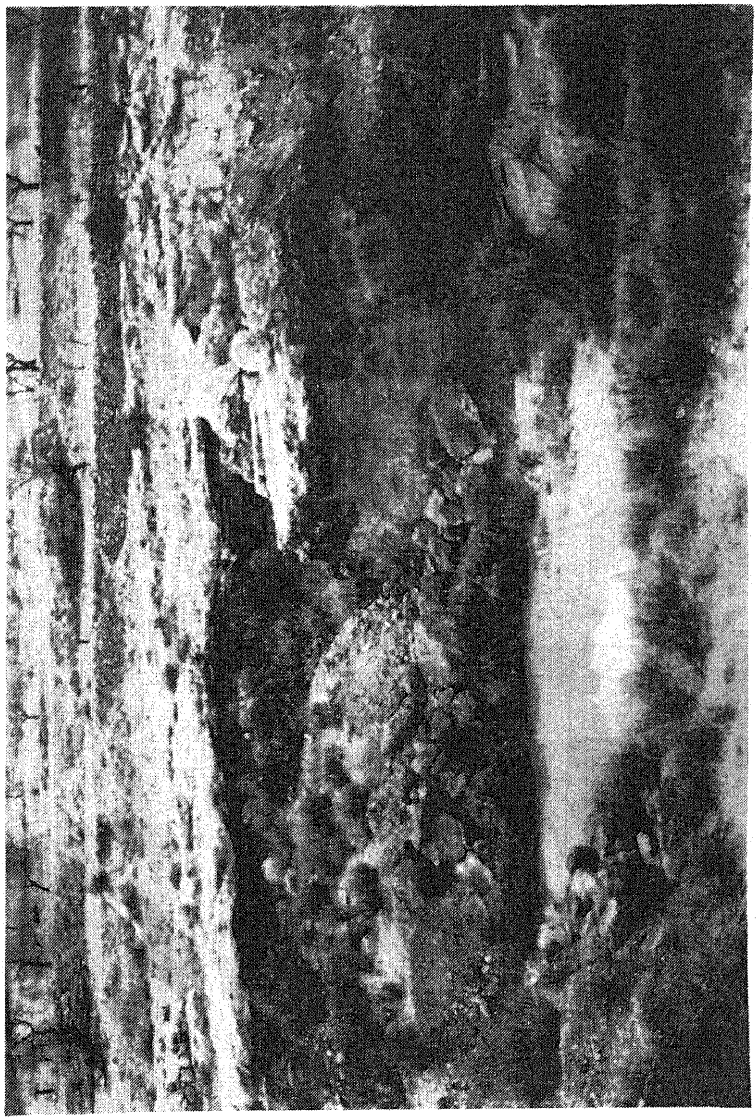
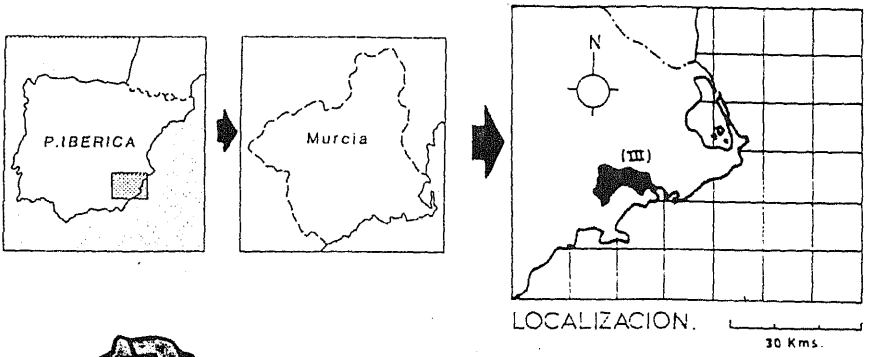
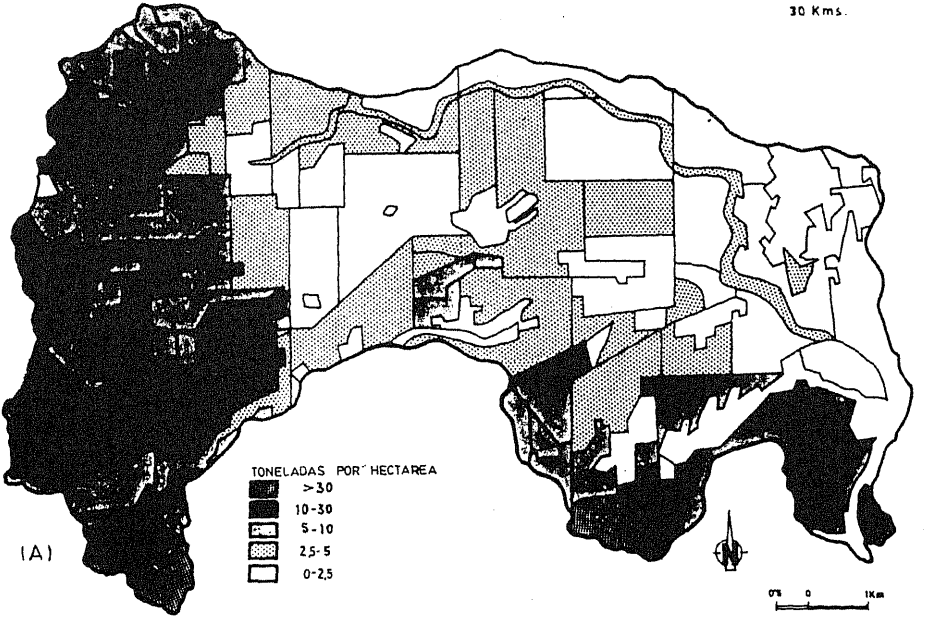


Fig.- 3.- n_m = 0,15. Rambla de la Muela (Cuenca del Portus).


P.IBERICA
Murcia
N
(III)
LOCALIZACION.
30 Kms.


TONELADAS POR HECTAREA
>30
10-30
5-10
2,5-5
0-2,5
(A)
0% 0 1Km

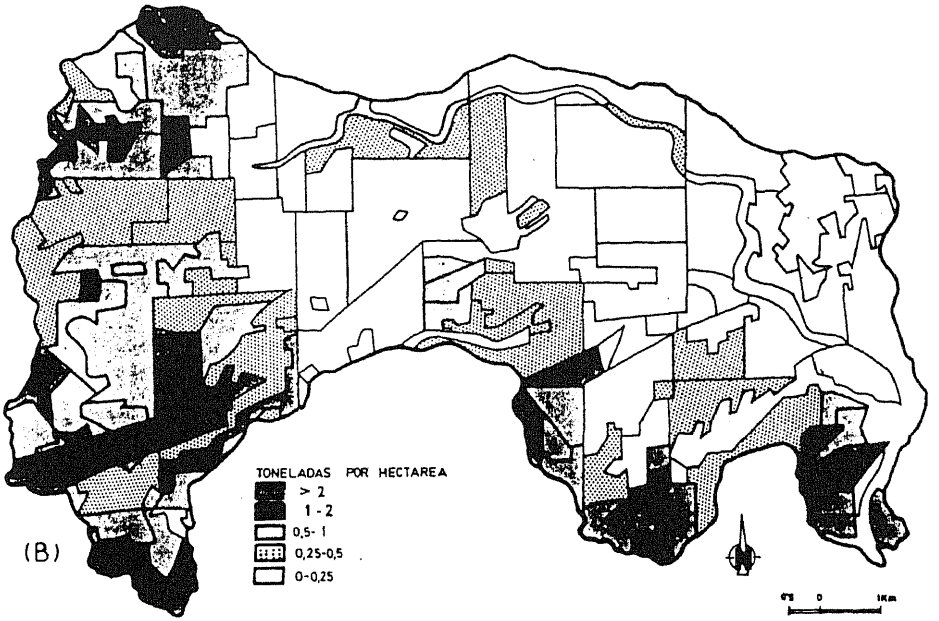


Fig.- 4.- Distribución de la erosión del suelo (A) y producción de sedimentos (B) de la cuenca de la Rambla de Benipila ((3)). Otoño.