

MODELOS DE DISTRIBUCION ESPACIO-TEMPORAL DE LAS LLUVIAS EN LA ZONA MEDITERRANEA DEL ANOIA-PENEDES. INFLUENCIA EN LA SOSTENIBILIDAD DE LOS CULTIVOS DE LA ZONA

M. C. RAMOS¹ y J. PORTA¹

RESUMEN

Los graves procesos erosivos que se registran en las comarcas mediterráneas Anoia y Penedès (Barcelona) están fuertemente condicionados por las características de las lluvias que se registran en la zona. En un primer análisis de estas características se estudian los modelos de distribución espacio-temporal de las lluvias diarias, mensuales y anuales a partir de los datos de cuatro observatorios del INM, y se discute la validez de la información que se extrae al ser aplicada en estudios de erosión y al intentar elaborar recomendaciones que hagan sostenibles los agrosistemas.

INTRODUCCION

Una de las características más destacables del clima mediterráneo es el hecho de presentar una estación cálida coincidente con el período seco. Veranos largos y secos se contraponen a inviernos más bien cortos y no demasiado húmedos ni muy fríos. Cabe destacar la importancia de las estaciones intermedias, por ser las que reciben las lluvias, principalmente el otoño. Las precipitaciones se caracterizan por ser de corta duración y alta intensidad, lo que confiere un elevado potencial agresivo sobre el territorio.

En estas zonas del área mediterránea española los procesos erosivos son de elevada magnitud debido, fundamentalmente, a estas características del clima y también a las características de los suelos existentes.

Para estudiar de forma precisa los procesos erosivos el problema que se presenta en muchos casos es la falta de información detallada de las lluvias que se registran. Esto obliga a recurrir a medidas

realizadas en observatorios de otras áreas, con las limitaciones que ello puede representar y con la necesidad de verificar la representatividad que estos datos pueden tener al aplicarlos a otros lugares. Otro condicionante adicional es la falta de uniformidad de las bases de datos existentes, al pertenecer a diferentes organismos públicos y privados y ninguna de ellas concebida para realizar estudios en el campo de la erosión.

El presente trabajo estudia las lluvias de una zona mediterránea situada en las comarcas Anoia y Penedès (Barcelona), donde existen graves problemas de degradación de suelos por erosión que afectan a la sostenibilidad de los ecosistemas de la zona.

Se plantea la verificación de la representatividad de los datos de un observatorio al ser utilizados en otras áreas, así como la validez de los datos en estudios de erosión y las consecuencias que se pueden extraer con miras a la elaboración de recomendaciones en las prácticas agrícolas de la zona.

¹ Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo. ETSIA. Universidad de Lleida.

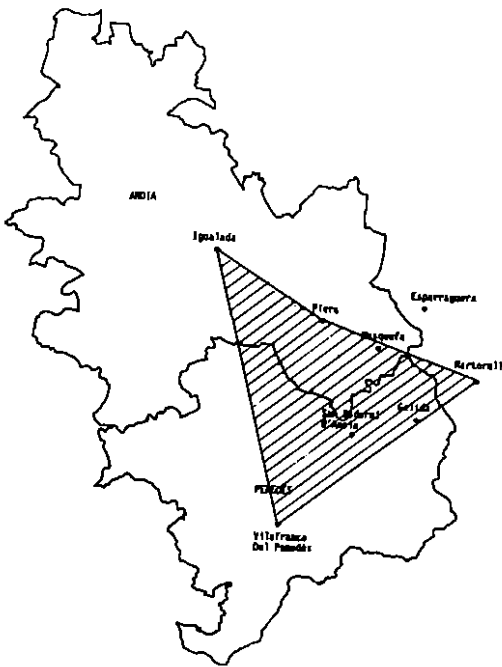


Fig. 1

MATERIAL Y METODOS

Datos de la zona de estudio

El área de estudio queda dentro del polígono Vilafranca del Penedès, Martorell, Pira e Igualada, en las comarcas Anoia y Penedès (Fig. 1), zonas dedicadas mayoritariamente al cultivo de la vid (producción de «cava» y vino denominación de origen «Penedès»). Se utilizan datos de pluviometría procedentes de cuatro observatorios del Instituto Nacional de Meteorología existentes dentro de la zona, cuyas características, así como los períodos analizados, figuran en la Tabla I. El equipo existente en cada una de ellas sólo permite disponer de

información de lluvia totalizada para períodos de veinticuatro horas.

Además se han utilizado los datos de los observatorios del INM circundantes al área, observatorios de Igualada, Martorell, Vilafranca del Penedès y Viladecans, para obtener una mejor determinación de la precipitación media del área de estudio.

Metodología

Para analizar la variabilidad espacial se estudia el grado de correlación entre la pluviometría anual, mensual y diaria de los diferentes observatorios mediante el cálculo de la matriz de correlación.

Por otra parte, se estudia la variabilidad temporal, analizando las medias mensuales y la evolución de las medias anuales. El primer estudio permite conocer el modelo de distribución de las lluvias a lo largo del año. Además se realiza un análisis de distribución de frecuencias de las lluvias diarias de cada observatorio, lo que permite en una primera aproximación identificar el porcentaje de lluvias con carácter erosivo que se registra a lo largo del año.

La precipitación media referida a un área se calcula utilizando el método de los polígonos de Thiessen (BRAS, 1990). La precipitación media del área se calcula en función de la precipitación de cada observatorio y de un factor de peso que tiene en cuenta la contribución de cada estación al área según la expresión: $P = \sum Qi P_i$

La estimación de los valores esperables de precipitación máxima en veinticuatro horas que corresponden a diferentes períodos de retorno se realiza utilizando el método de Gumbell (GUMBELL, 1954).

TABLA I
CARACTERÍSTICAS DE LOS OBSERVATORIOS DEL INM UTILIZADOS

Observatorio	Altitud	Longitud	Latitud	Período
Pira	273	5° 26'	45° 31'	1975-90
Gelida	195	5° 33'	41° 26'	1960-90
Esparraguera	187	5° 33'	41° 32'	1960-90
Sant Sadurn d'Anoia	156	5° 29'	41° 25'	1953-90

RESULTADOS Y DISCUSION

Variación espacial de las lluvias

El estudio de los parámetros de la correlación entre los datos de los observatorios adyacentes permite determinar el grado de variación espacial del parámetro meteorológico considerado (HERSHFIELD, 1965). Este tipo de análisis tiene interés a la hora de interpolar entre observatorios o para rellenar lagunas en una serie meteorológica, a partir de datos de aquellos observatorios más cercanos y que presenten menos variación espacial respecto al considerado. Para analizar la variación espacial se comparan los valores de precipitación anual de los cuatro observatorios. Se calculan los parámetros de correlación y se ha podido observar que los coeficientes de correlación son superiores a 0,8, excepto para la correlación entre el observatorio de Esparraguera y el de Sant Sadurní d'Anoia, que tan sólo es de 0,65. La Tabla II muestra estos resultados, que permiten inferir en qué casos la variabilidad es grande o no.

Para conocer mejor la relación entre observatorios se estudia la relación entre los valores de las precipitaciones diarias. La correlación entre los observatorios de Sant Sadurní d'Anoia y Gelida supera el valor 0,9, valor que indica que el espaciamiento entre observatorios es adecuado.

Dado que las lluvias se distribuyen muy irregularmente a lo largo del año, interesa estudiar con detalle las precipitaciones de los períodos más lluviosos del año. El grado de correlación entre los valores de precipitación mensual varía de unos me-

ses a otros. Las correlaciones más bajas las presentan los meses de verano (agosto y septiembre). Este hecho denota el carácter muy localizado de las lluvias durante estos meses, que se corresponden con lluvias de alta intensidad y corta duración (Tabla III).

Poligonación de la zona.

Pluviometría de grandes áreas

A partir de los datos de pluviometrías anuales medias de los observatorios de Igualada, Esparraguera, Piera, Martorell, Sant Sadurní d'Anoia, Gelida, Vilafranca del Penedès y Viladecans, se ha determinado la pluviometría del área estudiada. Con la construcción de los polígonos de Thiessen se determina el área de influencia de los observatorios de Piera, Gelida y Sant Sadurní d'Anoia. En la Fig. 2 se representa la poligonación de la zona. El área de influencia de cada uno de estos observatorios es de 110 km², 176 km² y 144 km² para los observatorios de Piera, Gelida y Sant Sadurní d'Anoia, respectivamente. La pluviometría media en la zona es de 661 mm.

Variación temporal de la precipitación

a) Variación interanual de las precipitaciones: estudio de series largas.

El estudio de las series de pluviometría más largas disponibles ha permitido observar la tendencia de la precipitación anual a lo largo del tiempo.

TABLA II
MATRIZ DE CORRELACION ENTRE VALORES ANUALES DE PRECIPITACION

	Gelida (01)	Esparraguera (02)	Sant Sadurní d'Anoia (03)	Piera (04)
Gelida (01)	1	0,8570	0,8554	0,8073
Esparraguera (02)		1	0,6500	0,8956
Sant Sadurní d'Anoia (03)			1	0,8000
Piera (04)				1

TABLA III
MATRIZ DE CORRELACION ENTRE LOS VALORES MENSUALES DE PRECIPITACION
DE LOS CUATRO OBSERVATORIOS

Mes					Mes				
E	01	02	03	04	Jl	01	02	03	04
01	1	0,982	0,843	0,910	01	1	0,982	0,843	0,910
02		1	0,881	0,902	02		1	0,881	0,902
03			1	0,780	03			1	0,780
04				1	04				1
F	01	02	03	04	A	01	02	03	04
01	1	0,872	0,813	0,900	01	1	0,589	0,830	0,750
02		1	0,881	0,709	02		1	0,543	0,834
03			1	0,844	03			1	0,680
04				1	04				1
M	01	02	03	04	S	01	02	03	04
01	1	0,872	0,813	0,903	01	1	0,401	0,347	0,048
02		1	0,877	0,966	02		1	0,246	0,811
03			1	0,885	03			1	0,481
04				1	04				1
A	01	02	03	04	O	01	02	03	04
01	1	0,934	0,903	0,879	01	1	0,937	0,981	0,932
02		1	0,844	0,899	02		1	0,915	0,942
03			1	0,764	03			1	0,879
04				1	04				1
M	01	02	03	04	N	01	02	03	04
01	1	0,805	0,916	0,949	01	1	0,964	0,951	0,965
02		1	0,768	0,778	02		1	0,947	0,992
03			1	0,963	03			1	0,968
04				1	04				1
J	01	02	03	04	D	01	02	03	04
01	1	0,716	0,787	0,879	01	1	0,941	0,946	0,608
02		1	0,688	0,893	02		1	0,885	0,873
03			1	0,728	03			1	0,967
04				1	04				1

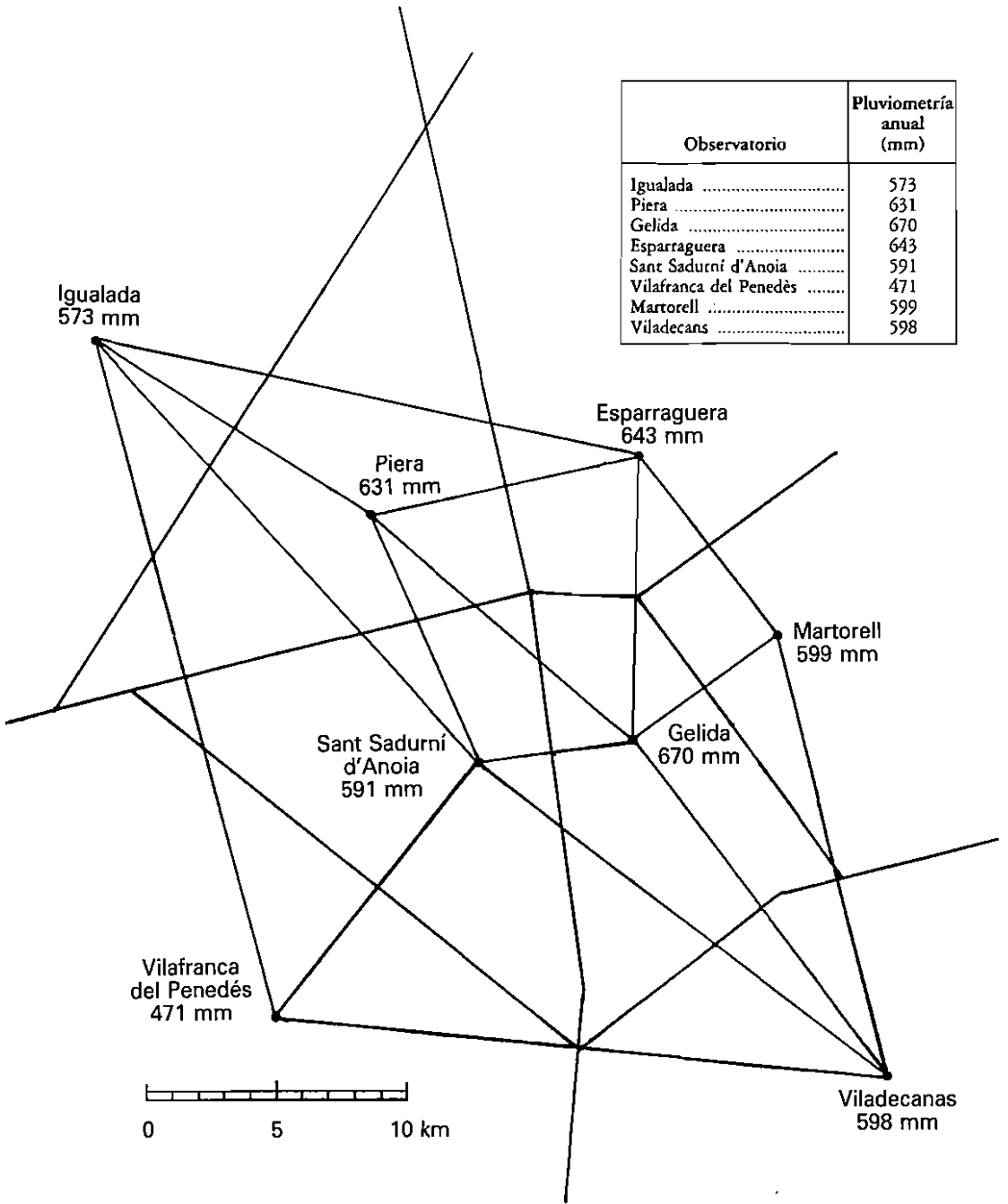


Fig. 2. Polígonos de Thiessen.

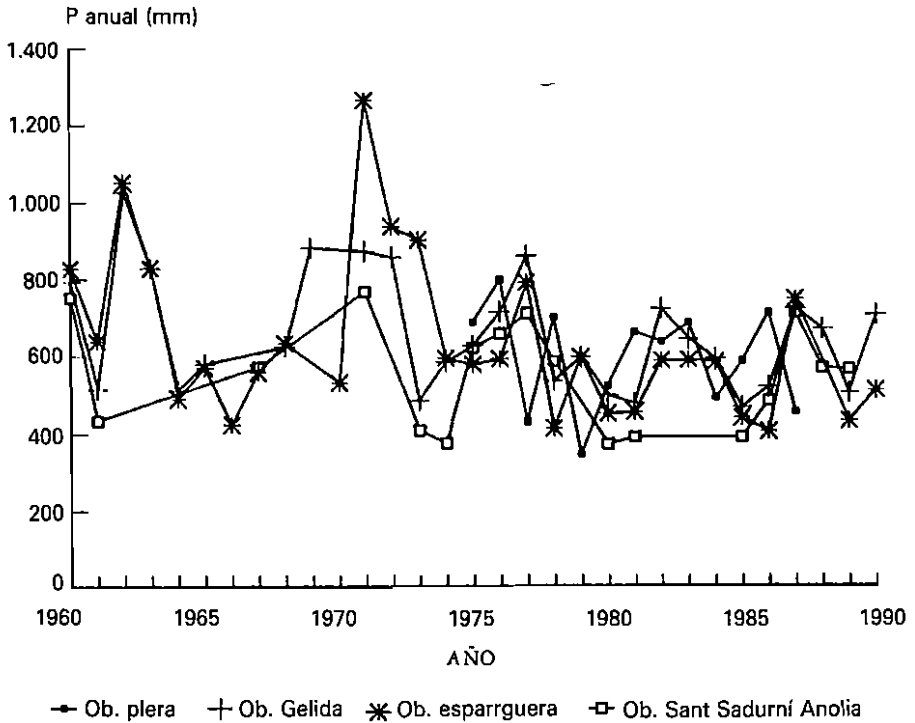


Fig. 3. Variación de la pluviometría a lo largo de los últimos treinta años en los cuatro observatorios.

En la Fig. 3 se puede observar una tendencia a la disminución de la precipitación media anual a lo largo de los últimos veinte años en todos los observatorios estudiados y, además, existe una me-

nor variabilidad interanual. Las desviaciones respecto a la media son menores en los últimos años de la serie. Si se consideran períodos de diez años, la década de los años 1960-70 registra un valor

TABLA IV
VARIABILIDAD TEMPORAL DE LAS LLUVIAS ANUALES
Precipitación anual (P) Coeficiente de variación (C.V.%)

Período	Ob. Gelida (01)	Ob. Esparraguera (02)	Ob. Sant Sadurní d'Anoia (03)	Ob. Plera (04)
1960-90:				
P	670,5	642,0	591,0	631,2
C.V.%	26,0	30,6	27,0	33,3
1960-70:				
P	720,0	668,0	590,0	
C.V.%	26,3	29,5	27,2	
1970-80:				
P	675,0	722,0	586,0	655,0
C.V.%	23,7	36,1	24,9	23,9
1980-90:				
P	582,8	580,0	498,6	582,0
C.V.%	17,5	15,8	25,0	20,9

medio próximo al calculado para toda la serie, excepto para el observatorio de Esparraguera. El observatorio de Piera no se ha podido comparar por falta de datos correspondientes a este período.

En el siguiente segmento (1970-80) la cantidad de lluvia registrada en los cuatro observatorios es más pequeña, observándose una disminución que oscila entre un 6,5 y un 9% para los observatorios de Gelida, Esparraguera y Sant Sadurní d'Anoia. El valor para el observatorio de Piera puede parecer no cumplir esta tendencia, pero se ha de tener en cuenta que para este observatorio los cálculos se han realizado con sólo cinco años (1975-80) y no se dispone de la referencia del período anterior.

En la última década analizada (1980-90) la disminución de las lluvias respecto al primer segmento considerado oscila entre un 11% para el observatorio de Piera y un 26% en el observatorio de Esparraguera. El coeficiente de variación para este período oscila entre un 15% (para el observatorio de Esparraguera) y un 25% para el observatorio de Sant Sadurní d'Anoia). Todos estos resultados se han resumido en la Tabla IV.

b) *Modelo de distribución de las lluvias a lo largo del año.*

La distribución de las lluvias a lo largo del año responde a una distribución bimodal con dos máximos de precipitación (Fig. 4). El período de máximas lluvias corresponde a los meses de septiem-

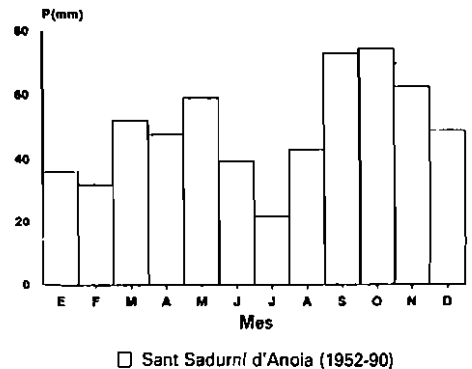
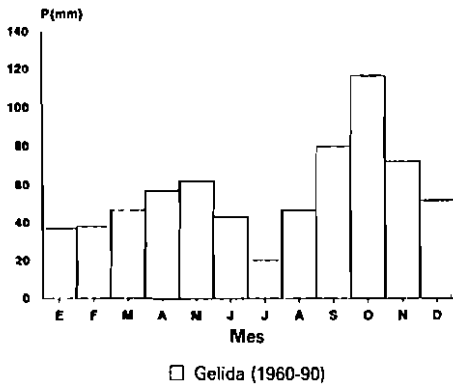
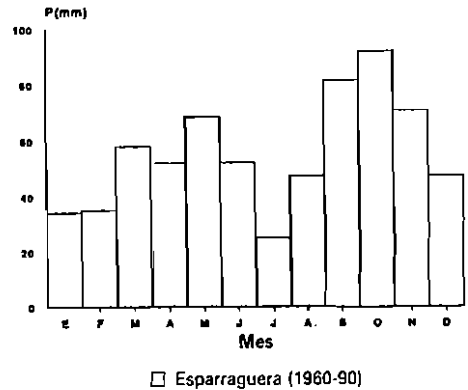
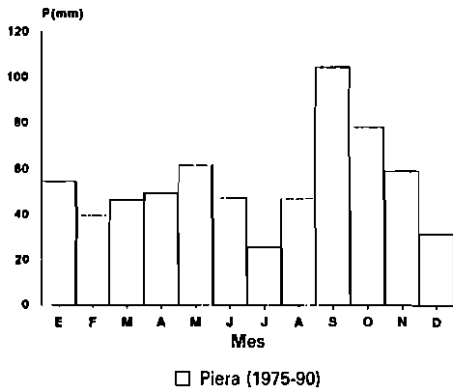


Fig. 4. Distribución anual de las precipitaciones.

bre-octubre-noviembre, con medias mensuales de precipitación que oscilan entre 70 y 90 mm y valores máximos que superan los 250 mm mensuales y los 200 mm diarios. Este período corresponde a la época de vendimia, por lo que esta aportación de agua registrada en tan poco tiempo interfiere las prácticas de cultivo propias de la época y puede dar lugar a pérdidas económicas importantes en aquellos campos en los que por no ser transitables se retrase unos días la vendimia. Este hecho justifica el que, aunque se trate de una zona donde el agua es un recurso escaso, se pueden encontrar terrazas de desagüe y no de absorción como medida hidrotécnica de conservación (PORTA *et al.*, 1992), a pesar de que esto pudiera parecer a primera vista un contrasentido, si con un desconocimiento de la zona se quisieran aplicar «recetas» establecidas en otros países para otras situaciones ecológicas.

El segundo período de precipitación máxima relativa corresponde a los meses de abril-mayo-junio, con un pico durante el mes de mayo. Los valores medios de precipitación mensual durante este período oscilan entre 55 y 65 mm y la cantidad de lluvia máxima registrada en veinticuatro horas es de 86 mm. Este período del año corresponde por parte de la viña a un período de mínimo recubrimiento del suelo (10-25%) y acostumbra a ser la época en la cual se labra la viña. Por estas razones las lluvias caídas durante este período pueden ser también muy erosivas.

El mes que registra una pluviometría más baja de todo el año es el mes de julio. Además, la lluvia se produce concentrada en muy pocos días, no más

de dos o tres durante todo el mes. Este hecho, considerado junto al ya indicado de que durante estos meses de verano las correlaciones entre los observatorios son muy bajas, permite concluir que las lluvias de verano son debidas a tormentas muy puntuales y muy localizadas.

El estudio de las distribuciones de las lluvias se ha completado con el análisis de distribución de frecuencias de las lluvias diarias. Los resultados figuran en la Tabla V. A partir de este análisis se puede tener una primera aproximación del porcentaje de lluvias con carácter erosivo en la zona. De acuerdo con el criterio propuesto por ROQUERO (1964) de que tienen carácter erosivo las lluvias registradas en veinticuatro horas que superan los 30 mm, se puede señalar que en el observatorio de Gelida un 7% de las lluvias supera este valor y que en el observatorio de Piera un 11% de las lluvias serían erosivas.

Los datos de lluvias totalizados en veinticuatro horas resultan poco informativos en estudios de erosión, dado que no permiten calcular el valor de las intensidades reales de la lluvia en los diferentes segmentos del tiempo en que se producen. Sería necesario un estudio más detallado de las características de cada una de las tormentas que se registran para poder llegar a conclusiones más fiables. La información obtenida de los observatorios que totalizan la lluvia, a pesar de ser poco útil para estudiar la erosión, constituye un dato de mínimos. El porcentaje de lluvias erosivas será más elevado que el que se señala de acuerdo con el criterio utilizado, ya que en la zona son frecuentes lluvias de corta duración mucho menor de veinticuatro horas y que descargan la totalidad del agua de una vez en un período de tiempo muy corto (Tabla V).

TABLA V
DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DE LAS PRECIPITACIONES DIARIAS EN FUNCION DE LA CANTIDAD DE LLUVIA

Observatorio	Frecuencia (%)								
	0-5 mm	5-10 mm	10-15 mm	15-20 mm	20-25 mm	25-30 mm	30-35 mm	35-40 mm	>40 mm
Gelida	55,1	16,2	8,6	7,6	3,0	1,9	1,5	1,0	5,1
Esparraguera	50,1	19,2	14,2	4,3	4,3	1,0	2,1	0,0	4,2
Sant Sadurní d'Anoia	48,7	21,0	6,6	4,0	6,6	1,3	4,0	0,0	7,8
Piera	36,1	23,0	8,2	8,2	9,8	3,3	0,0	1,6	9,8

c) *Precipitaciones máximas. Períodos de retorno.*

El análisis estadístico permite conocer los valores extremos de precipitación, necesarios a la hora de diseñar medidas hidrotécnicas de conservación de suelos. A partir de los valores de precipitación máxima registrados en veinticuatro horas, se han calculado los períodos de retorno para cada uno de los observatorios y los valores de precipitación en veinticuatro horas esperables para diferentes períodos de retorno. Se puede observar que los cuatro observatorios conducen a valores semejantes cuando se trata de períodos de retorno cortos, pero bastante diferentes si los períodos de retorno son superiores a veinte años.

En el cálculo de obras de conservación de suelos se toma habitualmente como valor de partida el correspondiente a un período de retorno de diez años (SCHWAB *et al.*, 1990), por tratarse de obras poco importantes desde un punto de vista constructivo y no haber riesgo para vidas humanas. En la zona estudiada, las cantidades de lluvia para este período de retorno oscilan entre 92 mm (ob. de Piera) y 131 mm (ob. de Esparraguera) (Tabla VI), que serán los que haya que considerar para calcular los volúmenes de agua de escorrentía superficial y de las secciones de canales de desagüe.

CONCLUSIONES

La pluviometría de esta zona mediterránea muestra un modelo de distribución bimodal a lo largo

del año, con dos máximos de precipitación. Durante el período de máxima precipitación, en promedio un 25% de las lluvias son superiores a 30 mm en veinticuatro horas.

La variación a lo largo del año de la correlación entre las lluvias de los observatorios estudiados muestra que es menor durante los meses de verano, lo que indica que las lluvias de este período tienen un carácter local, como corresponde a lluvias de alta intensidad y corta duración.

El modelo de distribución y las características de las lluvias hacen totalmente recomendables y necesarias las medidas de conservación de suelos en las viñas en pendientes de las comarcas Anoia-Penedès, de otra forma estos agrosistemas no resultarían sostenibles.

Las características de las lluvias obligan a tener muy en cuenta los parámetros hidrológicos del suelo, en concreto la velocidad de infiltración y la conductividad hidráulica, para recomendar el tipo de terraza más adecuado. En contra de lo que se podría suponer *a priori*, en general son las terrazas de desagüe las más convenientes.

Las lluvias anuales muestran una tendencia a la disminución en los últimos diez años. Esto puede corresponder a fluctuaciones de períodos secos-períodos más húmedos, que son reconocidos por muchos autores, por lo que al menos con la información disponible hasta este momento no se ha de hablar de aridificación del clima, sino de un período seco que caracteriza muchos lugares.

TABLA VI
PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

Observatorio	Núm. años serie	X (mm) S _x (mm)	X _m (Error típico)					
			2	5	10	20	30	50
Piera	27	67,3 (16,3)	64,8 (4,0)	81,6 (6,4)	92,7 (9,1)	103,4 (14,9)	109,5 (16,6)	117,1 (26,6)
Gelida	23	74,7 (23,4)	71,2 (10,3)	95,7 (16,4)	111,9 (23,5)	127,5 (33,0)	136,5 (39,3)	147,7 (39,3)
Esparraguera	31	71,9 (38,8)	65,9 (14,3)	105,4 (22,7)	131,1 (32,5)	156,3 (45,7)	170,9 (63,3)	188,9 (63,3)
Sant Sadurní d'Anoia	35	67,2 (23,4)	63,6 (8,0)	87,1 (12,8)	102,6 (18,2)	117,5 (25,6)	126,1 (37,7)	156,9 (37,7)

SUMMARY

The important erosion problems existing in the mediterranean areas Anoia and Penedès (Barcelona) are mainly originated by the heavy rainfalls registered in the area, although the antropic action in many cases is another important factor. In one first analysis of this characteristics, the patterns of daily, monthly and annual precipitations have been studied from the data belonging to four meteorological stations of Institutoo National de Meteorología (INM). The validity of this data in erosion studies is analized and the conclusions in order to stablish some recommendations for the sustainability of agrosystems are discussed.

BIBLIOGRAFIA

- BRAS, R. L., 1990: *Hydrology. An introduction to hidrologic science*. Addison-Wesley Publishing Company.
- GUMBELL, E. J., 1954: *Statistical Theory of Extreme Values and Some Practical Applications*. U. S. Bureau Standards, Applied Mathematic Series 33.
- HERSHFIELD, D., 1965: «On the Spacing of Rain Gages». *I Symp. Design Hydrol. Networks*. Vol. 1, pp. 72-8 (IAHS publication, n. 67).
- PORTA, J.; RAMOS, M. C., & BOIXADERA, J., 1992: «Local methods of soil conservation in vineyards in NE Spain: Description and functions». *First International Congress ESSC*. Silsoe. England.
- ROQUERO, C., 1964: *Estudio sobre la conservación y mejora del suelo en España*. Anales INIA. Madrid.
- SCHWAB, G. O.; FREVERT, R. K.; EDMINISTER, T. W., & BARNES, K. K., 1990: *Ingeniería de conservación de suelos y aguas*. Ed. Limusa.