

**ANÁLISIS DEL RIESGO DE PRECIPITACIONES INTENSAS
EN LA CUENCA DEL RÍO VÉLEZ (PROV. DE MÁLAGA).**

José M^a SENCIALES GONZÁLEZ
M^a Jesús PERLES ROSELLÓ
Dpto. de Geografía. Universidad de Málaga.

RESUMEN: El análisis del riesgo de precipitaciones intensas mediante el cálculo de probabilidades utilizando la distribución de Poisson presenta una alta correlación en la zona estudiada (cuenca del río Vélez, provincia de Málaga) con el factor R de la U.S.L.E. . Se obtiene una cartografía del riesgo por erosión pluvial.

ABSTRACT: This paper compare the results calculating the probability of heavy rainfall using Poisson distribution with the R factor of U.S.L.E. . We are obtained erosivity risks maps of the Velez river bassin (Malaga province).

INTRODUCCIÓN.

Tanto el estudio de las variables climáticas como el de los factores de los procesos erosivos nos conducen con frecuencia al análisis de la intensidad de las precipitaciones. Ello cobra especial importancia en un ámbito mediterráneo en el que el comportamiento pluviométrica del clima, como apunta LÓPEZ BERMÚDEZ (1.990), "...tiene como normal las desviaciones de sus variables meteorológicas".

Es debido a estas características excepcionales de las precipitaciones del clima mediterráneo, por lo que consideramos oportuno realizar un análisis probabilístico de la distribución de los aguaceros intensos (> 30 mm./día) empleando una metodología diferente y complementaria a la de otros sistemas empleados en el estudio de los efectos erosivos de las lluvias torrenciales (factor R de la USLE).

OBJETIVOS.

Cuatro son los objetivos principales de este estudio:

- 1) Obtener una cartografía de riesgo de precipitaciones torrenciales a partir del análisis probabilístico.
- 2) Obtener los valores de la agresividad de la lluvia para cada estación mediante el cálculo del factor R de la U.S.L.E. .
- 3) Comparar los resultados obtenidos mediante ambas metodologías, con objeto de determinar áreas comunes de riesgo de erosión por los efectos torrenciales de las lluvias.
- 4) Determinar las posibles relaciones existentes entre la frecuencia de precipitaciones intensas y variables independientes como la altitud o el relieve.

EL ÁREA DE ESTUDIO.

El área de estudio sobre el que hemos aplicado la metodología de este trabajo es la cuenca del río Vélez, principal colector (610 km) del área oriental de la provincia de Málaga. Dicha cuenca drena cuatro ámbitos fisiográficos diferentes (JUSTICIA SEGOVIA, 1.984), que son los siguientes:

- Montes de Málaga y Axarquía Oriental, caracterizados por un relieve fuertemente disectado, con pendientes acusadas y desniveles rara vez superiores a 1.000 m., y una litología predominantemente pizarrosa.
- Sierras calcáreas de Camarolos, Alhama y Tejeda-Almijara, caracterizadas por laderas rectilíneas, fuertes pendientes y desniveles que llegan a superar los 1.500 m. .
- Pasillo de Colmenar-Periana, área deprimida entre las anteriores unidades, con pendientes suaves, desniveles no superiores a 500 m. y litología de flysch margoso-areniscoso.
- Valle bajo del río Vélez, área de aluvión de la cuenca desarrollado dentro de la primera unidad (que lo rodea por el N., E. y O.) caracterizado por una llanura ondulada de desniveles inferiores a 50 m. y que acaba en forma de delta en el Mar Mediterráneo.

Se trata de un área intensamente humanizada, hecho patente especialmente en el abancalamiento de numerosas laderas. Pero esta acción humana ha estado

condicionada por los numerosos contrastes que muestra la zona en cortos espacios, siendo una de las características más acusadas el prominente relieve de la sierra de Tejeda-Almijara, que salva poco más de 2.000 m. de desnivel en unos pocos kilómetros (2.065 m. en 18 km.). Ello repercute claramente en unas acusadas diferencias pluviométricas a lo largo del área (más de 500 mm.), diferencias que también se muestran en el análisis de la intensidad de las precipitaciones diarias, objeto de este trabajo.

METODOLOGÍA.

Se seleccionaron doce estaciones pluviométricas de entre treinta disponibles (datos del Servicio de Hidrología de la Confederación Hidrográfica del Sur de España) en base a dos características importantes: la extensión de la serie (en ocasiones superior a 50 años) y/o la situación de la estación. Lamentablemente, las numerosas "islas" de algunas series llevaron a desestimar los datos de estaciones cuya ubicación era de gran interés (como Olías, Moclinejo y Rincón de la Victoria, que hubiesen completado la información del sector sudoccidental de la cuenca).

Así pues, las estaciones seleccionadas fueron: Alcaucín, Alfarnate, Algarrobo, Casapalma, Colmenar, Cómpea, Periana, Riogordo, Vva. del Trabuco, Vélez-Málaga, Viñuela y Ventas de Zafarraya.

Una vez seleccionadas las estaciones pluviométricas se analizaron las series día a día, apuntando los valores de precipitación en diferentes intervalos de intensidad: 30-50, 50-75, 75-100, 100-150 y más de 150. De esta forma, los valores quedan recogidos en una tabla similar a la que exponemos a continuación:

Cuadro nº 1. Ficha-tipo de recogida de datos.

Estación		Ventas de Zafarraya.												Valor Máx. año
Año	Int.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
63	30-50	4	3	-	-	1	-	-	-	-	-	3	2	Total Casos 28
	50-75	2	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1	
	75-100	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	2	
	100-150	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
	> 150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	

En tales tablas se individualizaron los sucesos de entre 30-50, 50-70, etc., en lugar de acumularlos (>30, >50...), con objeto de introducir los valores en una Hoja de Cálculo y extraer los extensos sumatorios de las series.

Obtenidos los resultados totales para cada mes, año y estación pluviométrica, se procedió a estudiar la frecuencia de casos y, con ello, el cálculo de probabilidades mediante la distribución de Poisson:

$$\frac{e^{-x} * x^n}{n!}$$

siendo n el número de casos sucedidos dividido por el número de años de la serie, y x el número de veces que puede presentarse el suceso.

Tal distribución nos permite obtener la probabilidad de que un suceso se presente x veces (incluyendo la posibilidad de que no se presente) y la posibilidad de que, en cualquier caso, se presente (1 menos la probabilidad de no suceder).

Los resultados fueron clasificados de dos formas diferentes, ambas de gran utilidad:

- a) Clasificación mediante la probabilidad en tanto por ciento, obtenida tras multiplicar por cien los resultados de la distribución de Poisson.
- b) Clasificación mediante el periodo de retorno, o posibilidad de que un suceso se presente cada cierto número de años dado; obtenida tras dividir 1 entre el resultado de la distribución.

Comprobamos que este último método podría servir de referencia para otros estudios, pero su plasmación en cartografía era poco significativa e incluso confusa.

Sin embargo, la clasificación mediante la probabilidad en tanto por ciento, no sólo era de utilidad en cuanto a los valores obtenidos, sino que además su traslado a mapas de distribución aporta una información importante respecto a los resultados.

Fue necesario seleccionar aquellos intervalos que aportasen una información diferenciable espacialmente, puesto que valores como los obtenidos en precipitaciones de más de 30 mm., debido a su frecuencia similar en la mayoría de las estaciones, apenas aportaban una información contrastable, salvo, si cabe, a escala regional: la probabilidad de que se presenten aguaceros de más de 30 mm. en un año se aproxima en todas las estaciones al *suceso seguro* (entre el 97'45 y el 100% de probabilidad). Aunque los valores de más de 50 mm. comenzaban a diferenciar espacialmente, consideramos como altamente indicativos los aportados por la probabilidad de suceso de más de 75 mm./día y más de 100

mm./día. En cambio, la probabilidad de más de 150 mm./día, puesto que tan sólo estaba presente en cuatro estaciones pluviométricas, hubo de ser desestimada de su análisis cartográfico.

Por último, analizamos los resultados obtenidos en cuanto a la distribución mensual, centrada igualmente en los valores de más de 75 mm./día.

Trazados los límites de la cuenca del río Vélez y conocidos los valores aportados por las doce estaciones seleccionadas (ubicadas tanto dentro como en la periferia del área), se señalaron las coordenadas U.T.M. de cada estación y el valor respectivo de cada una, trasladando estos resultados al programa SURFER para realización de la interpolación. Finalmente, los resultados fueron transferidos a AUTOCAD para la edición de su formato cartográfico definitivo.

RESULTADOS.

Se obtuvieron tres mapas de especial interés:

1.- **Mapa de Porcentaje de probabilidad anual de lluvias de más de 75 mm..** (Fig.1). Presenta una distribución cuyos valores más elevados (máxima probabilidad) se centra en torno a la estación de Alcaucín, con una rápida disminución tanto hacia el E. como hacia el Sur. Se presenta una cierta relación con el relieve: hacia la costa los valores son bajos (Vélez-Málaga y Algarrobo), al igual que en el área de la depresión de Antequera (Vva. del Trabuco, ya fuera de la cuenca) y el Pasillo Colmenar-Periana en sus áreas más deprimidas. Sin embargo, la correlación pierde significado en cuanto que estaciones situadas en posiciones elevadas, como son Casapalma (938 m.) o Ventas de Zafarraya (910 m.) muestran valores de probabilidad más bajos que los de estaciones situadas muy próximas y a más bajo nivel: Colmenar (680 m.) y Alcaucín (508 m.). Esto nos hace pensar en la posibilidad de que la frecuencia de aguaceros intensos no guarde relación con la altitud, sino con la presencia de relieves que ofrezcan un obstáculo al paso de las masas húmedas, puesto que los valores más elevados se producen en Colmenar, donde actuaría como cierta barrera la línea de cumbres N-S. de los Montes de Málaga; Alfarnate, donde Sierra Gorda de Loja y Sierra de Alhama actúan de barrera; y Alcaucín y Ventas de Zafarraya, donde tanto la Sª de Alhama como la Sª de Tejeda suponen un obstáculo a las masas de aire procedentes del oeste y suroeste. En cambio, Casapalma y Vva. del Trabuco, están situadas a S. y N., respectivamente, de la Sª de Camarolos, alineación montañosa de E. a O. que, por tanto, no ofrece obstáculos a las masas de aire.

mm./día. En cambio, la probabilidad de más de 150 mm./día, puesto que tan sólo estaba presente en cuatro estaciones pluviométricas, hubo de ser desestimada de su análisis cartográfico.

Por último, analizamos los resultados obtenidos en cuanto a la distribución mensual, centrada igualmente en los valores de más de 75 mm./día.

Trazados los límites de la cuenca del río Vélez y conocidos los valores aportados por las doce estaciones seleccionadas (ubicadas tanto dentro como en la periferia del área), se señalaron las coordenadas U.T.M. de cada estación y el valor respectivo de cada una, trasladando estos resultados al programa SURFER para realización de la interpolación. Finalmente, los resultados fueron transferidos a AUTOCAD para la edición de su formato cartográfico definitivo.

RESULTADOS.

Se obtuvieron tres mapas de especial interés:

1.- Mapa de Porcentaje de probabilidad anual de lluvias de más de 75 mm.. (Fig.1). Presenta una distribución cuyos valores más elevados (máxima probabilidad) se centra en torno a la estación de Alcaucín, con una rápida disminución tanto hacia el E. como hacia el Sur. Se presenta una cierta relación con el relieve: hacia la costa los valores son bajos (Vélez-Málaga y Algarrobo), al igual que en el área de la depresión de Antequera (Vva. del Trabuco, ya fuera de la cuenca) y el Pasillo Colmenar-Periana en sus áreas más deprimidas. Sin embargo, la correlación pierde significado en cuanto que estaciones situadas en posiciones elevadas, como son Casapalma (938 m.) o Ventas de Zafarraya (910 m.) muestran valores de probabilidad más bajos que los de estaciones situadas muy próximas y a más bajo nivel: Colmenar (680 m.) y Alcaucín (508 m.). Esto nos hace pensar en la posibilidad de que la frecuencia de aguaceros intensos no guarde relación con la altitud, sino con la presencia de relieves que ofrezcan un obstáculo al paso de las masas húmedas, puesto que los valores más elevados se producen en Colmenar, donde actuaría como cierta barrera la línea de cumbres N-S. de los Montes de Málaga; Alfarnate, donde Sierra Gorda de Loja y Sierra de Alhama actúan de barrera; y Alcaucín y Ventas de Zafarraya, donde tanto la Sª de Alhama como la Sª de Tejeda suponen un obstáculo a las masas de aire procedentes del oeste y suroeste. En cambio, Casapalma y Vva. del Trabuco, están situadas a S. y N., respectivamente, de la Sª de Camarolos, alineación montañosa de E. a O. que, por tanto, no ofrece obstáculos a las masas de aire.

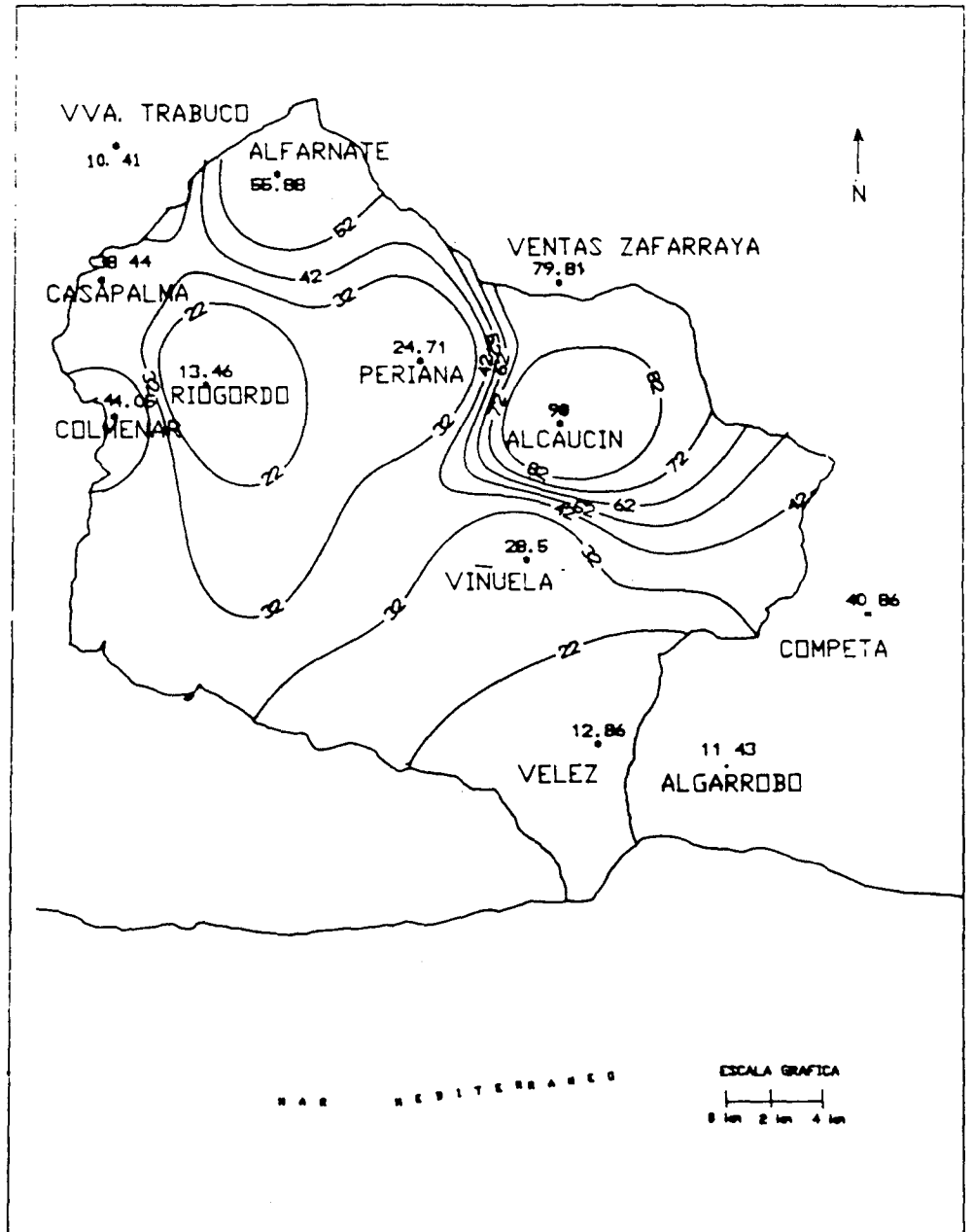


FIGURA N 1 : PORCENTAJE DE PROBABILIDAD ANUAL DE LLUVIAS >75 mm.

2.- **Mapa de Porcentaje de probabilidad anual de lluvias de más de 100 mm..** (Fig. 2). Debido a la ausencia de casos de más de 100 mm./día en algunas de las estaciones, el mapa se simplifica sobremanera respecto al anterior, quedando muy claramente centrados los valores de mayor probabilidad en torno a las mismas estaciones que presentaban los mayores valores, destacando sobre todo Alcaucín y Ventas de Zafarraya, seguido por una probabilidad bastante más baja en Alfarnate.

3.- **Mapa de porcentaje de probabilidad de lluvias de más de 75 mm. (valor del mes de máxima probabilidad para cada estación).** (Fig. 3). Puesto que no todas las estaciones presentaban el mismo mes como el de mayor probabilidad de aguaceros de más de 75 mm. y en un intento de reflejar un balance final de erosividad anual, agrupamos los resultados considerando el mes de mayor probabilidad, independientemente de cuál fuese (en algunos casos era el mes de noviembre, en otros diciembre y, en algún caso, febrero). Como se observa en la figura 3, la distribución de los valores es muy similar a la anual (Figura 1), si bien se trata de valores mucho más bajos, con un máximo de 38'6% en Alcaucín (mes de diciembre), frente a un 90% de la misma estación respecto al valor anual.

La cartografía obtenida cobra mayor importancia cuanto se compara con los valores del factor R (erosividad de las lluvias) de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos en cada estación. Este factor ha sido calculado mediante la fórmula (ICONA, 1.986):

$$R = 2'375 (PD2) + 0'513 (PMEX) - 94'4 J / m / cm.$$

La Figura 4 muestra los valores del factor R en la cuenca. Su distribución es prácticamente idéntica a la del mapa de probabilidad de aguaceros superiores a 75 mm. . Efectuando un análisis de correlación entre ambos factores, se obtiene un valor de $R = 0'95$ (Cuadro nº 2).

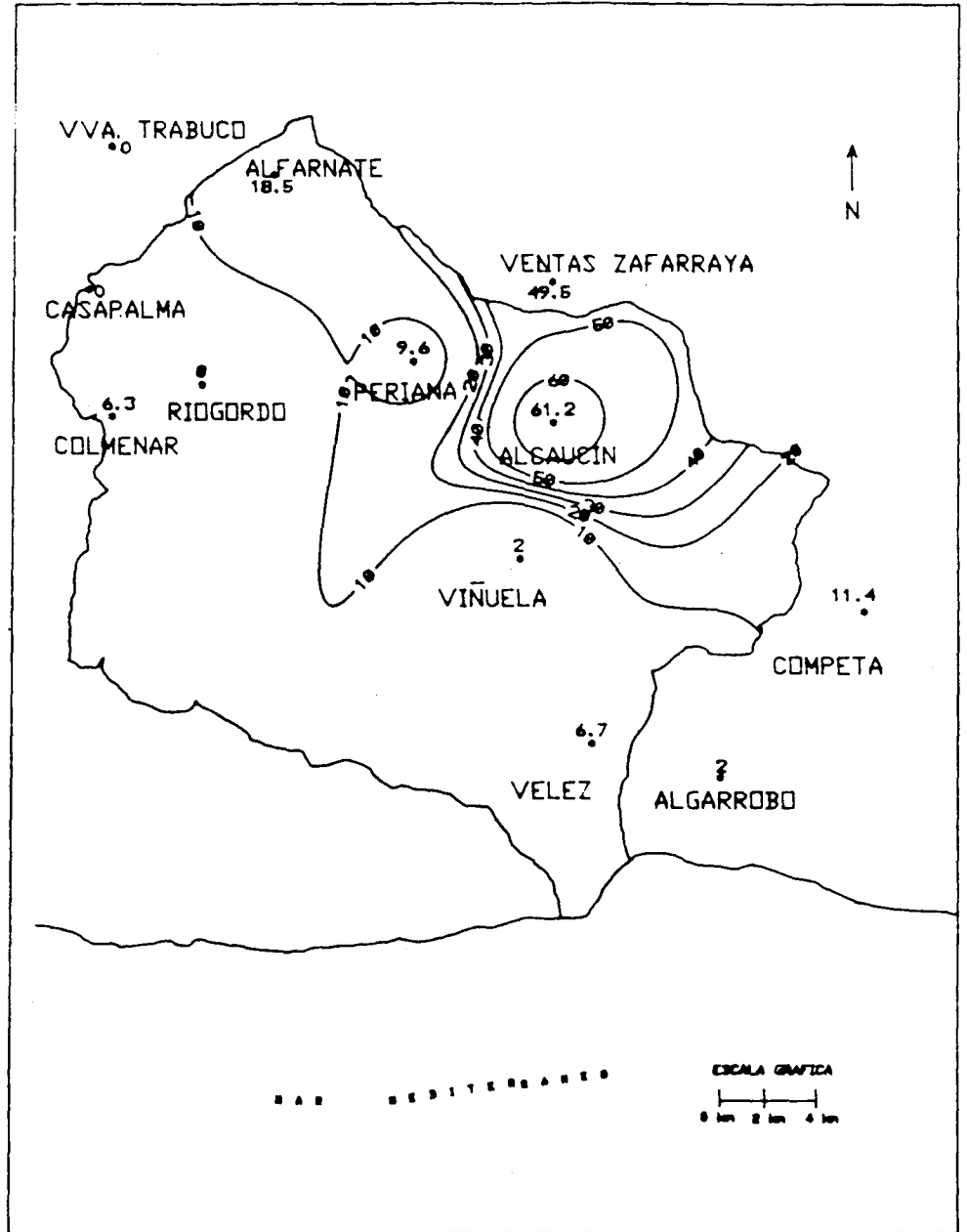


FIGURA N 2: PORCENTAJE DE PROBABILIDAD ANUAL DE LLUVIAS >100 mm.

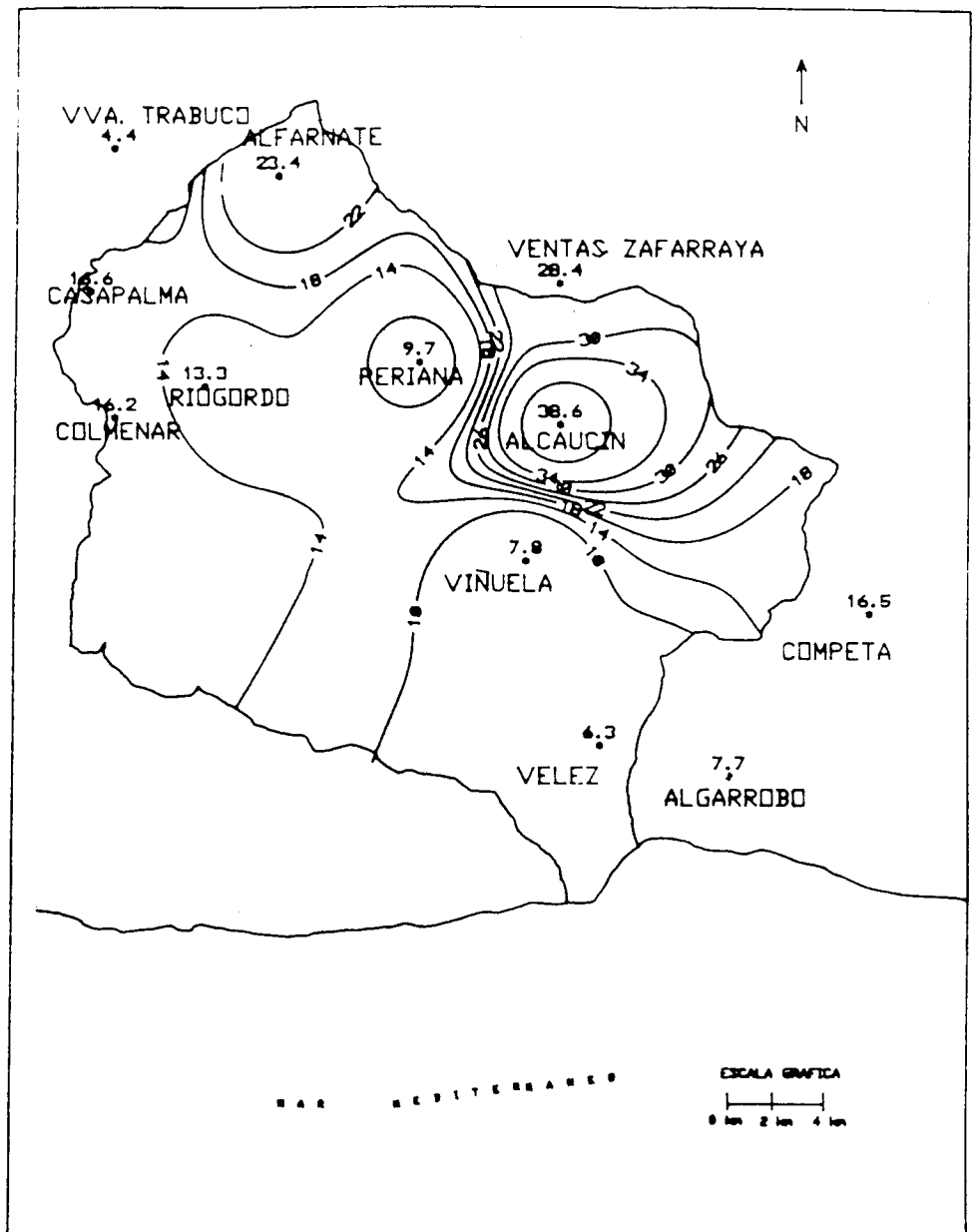


FIGURA N 3: PORCENTAJE DE PROBABILIDAD DE LLUVIAS >75 mm.
(VALOR DEL MES DE MAXIMA PROBABILIDAD PARA CADA ESTACION)

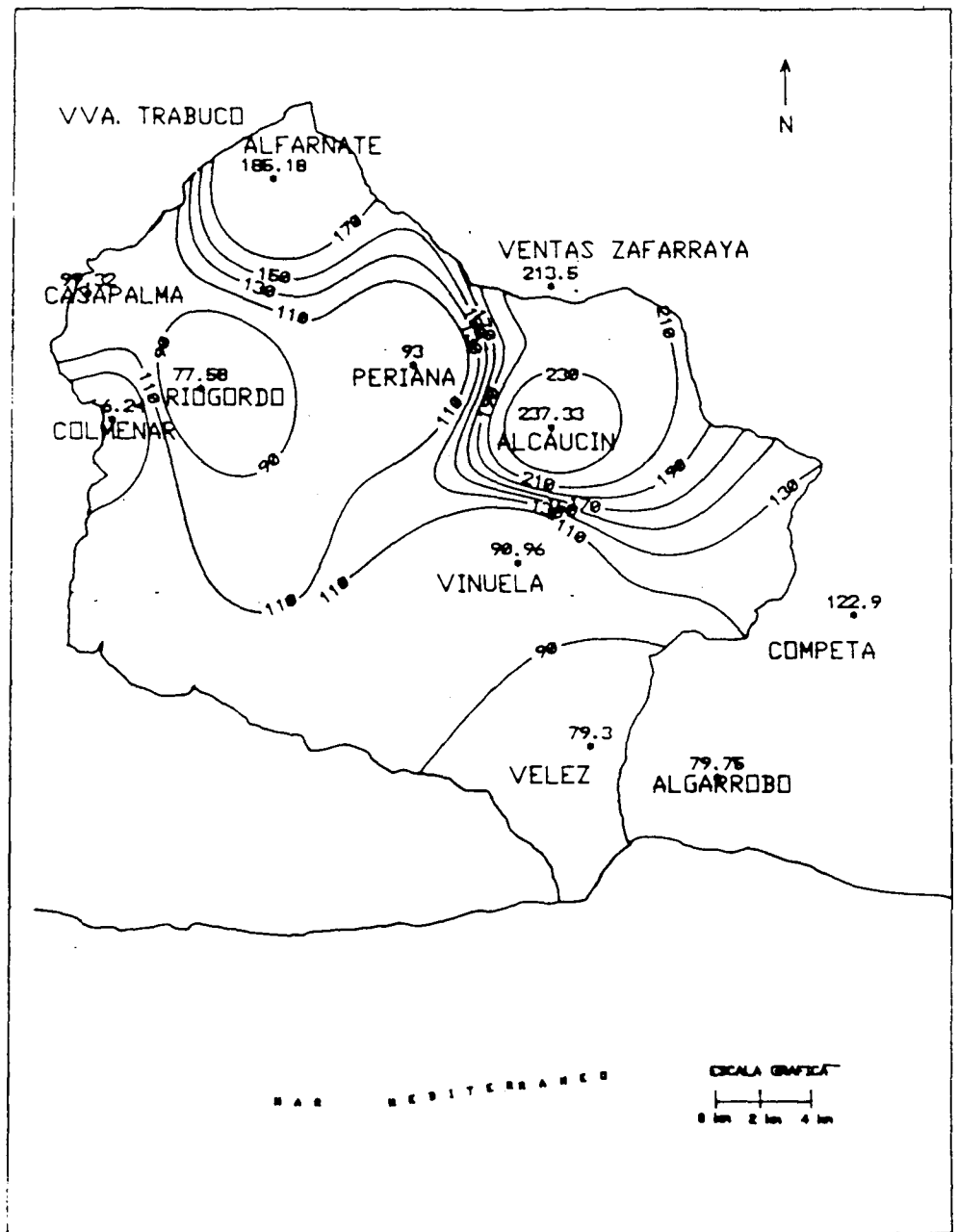


FIGURA N.4: ISOLINEAS DE FACTOR R (U.S.L.E.).

Cuadro nº 2.- Correlación Probabilidad-USLE.

Estación pluviométrica	Probabilidad (%) Pp. > 75 mm./día/año	Factor R USLE
Alcaucín	90'00	237'33
Alfarnate	55'88	185'18
Algarrobo	11'43	79'75
Casapalma	38'44	99'32
Colmenar	44'05	136'24
Cómpeta	40'86	122'90
Periana	24'71	93'00
Riogordo	13'46	77'58
Vva. del Trabuco	10'41	61'37
Vélez-Málaga	12'86	79'30
Viñuela	28'5	90'96
Ventas de Zafarraya	79'81	213'50
$R^2 = 0'954628$		

CONCLUSIONES.

El cálculo de probabilidad mediante la Distribución de Poisson y su aplicación a la cartografía se muestra como válido para el análisis de la agresividad de las lluvias, en el que es usual el empleo de la distribución de Gumbel (C.E.O.T.M.A., 1.982). Se constata que, al menos en la zona de estudio, presenta una correlación bastante elevada con respecto a los valores del factor R de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, por lo cual lo apuntamos como un indicador de la erosividad alternativo en esta línea de investigación.

En cuanto a la distribución de la probabilidad de precipitaciones intensas no presentan relación tanto con la altitud como con la alineación y prominencia del relieve, hecho que no se puede correlacionar con un simple análisis de regresión, pero que sí es constatable a nivel cartográfico.

REFERENCIAS.

- C.E.O.T.M.A, 1.982, *Guía para la elaboración de estudios del medio físico*. Tomo I. MOPU., Madrid.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SUR DE ESPAÑA, *Datos pluviométricos*. Servicio de Hidrología.
- ICONA, 1.986, *Estudio integrado del Medio Físico de la Cuenca del río Adra. VII. Pérdidas de Suelos*. Proyecto LUCDEME, Granada.
- JUSTICIA SEGOVIA, A., 1.984, *Evolución de las estructuras y el paisaje*

agrarios en la Axarquía y Montes de Málaga. Tomo I. Universidad de Málaga. Málaga.

LÓPEZ BERMÚDEZ, F. y ALBADALEJO, J. (1.990): *Factores ambientales de la degradación del suelo en el área mediterránea*. Degradación y regeneración del suelo en condiciones ambientales mediterráneas. C.S.I.C., Murcia.