

LA VARIABILIDAD PLUVIOMÉTRICA INTERANUAL EN UN AMBIENTE SEMIÁRIDO

José Carlos GONZÁLEZ HIDALGO*

RESUMEN.—Se estudia la variabilidad pluviométrica interanual en un ambiente semiárido del interior de España (La Violada, Huesca), analizando las rachas secas y los días de precipitación. Dado que no existen diferencias significativas en ambas variables entre años, se ha estudiado la concentración diaria de precipitaciones. Los resultados señalan una correlación significativa entre la suma del total de precipitación dada en 24 horas de los cuatro días de máxima lluvia en cada año y el total anual. Se concluye que bajo tal régimen de precipitaciones el valor de la media anual parece ser un mal indicador de los aportes pluviales, así como que el valor de precipitación anual depende de un corto número de días de lluvia.

ABSTRACT.—Rainfall interannual variability in a semiarid inland area (La Violada, Huesca, NE Spain) have been studied analyzing dryness period and daily rainfall regime. Given that such variables have not shown significant differences between years, daily precipitation concentration have been studied. Results show a significant correlation between the total rainfall in 24 hours of maximun four day precipitation and anual rainfall. It is concluded that under such regime the medium value of anual rainfall seems to be a bad indicator of water inputs, and mean value of anual rainfall depend on a few rainfed days.

KEY WORDS.—Dryness day, rainfall day, semiarid, interannual variability, Violada area.

* Departamento de Ecología. Universidad de Alicante. E-03080 ALICANTE.

INTRODUCCIÓN

En los ambientes parcos en lluvias el reparto temporal de las mismas suele presentar fuertes variaciones anuales, estacionales y mensuales, así como elevadas concentraciones diarias. En consecuencia, el volumen total anual no parece ser un indicador adecuado de las condiciones generales en que se producen los aportes hídricos y la variabilidad de los ambientes secos es un tema de estudio prioritario (*vid.* GOUDIE, 1987).

La cuantía y el reparto temporal de las precipitaciones están relacionadas con multitud de procesos en los sistemas naturales, de los que los erosivos parecen ser un buen indicador sintético a través de la relación precipitación-vegetación-erosión.

Son clásicos los modelos presentados por LANGBEIN y SCHUMM (1958) y FOURNIER (1960), entre otros autores (dos revisiones se encuentran en YAIR y ENZEL, 1987, y PILGRIM *et al.*, 1986), donde se relaciona la cantidad total anual de precipitación con los sedimentos producidos. FOURNIER (1960) incluye además una estimación de la concentración de precipitación en su índice mensual, que ha sido modificado por ARNOLDUS (1980) y especialmente por GABRIELS y MITCHEL (1990) cuando la variabilidad interanual es grande. La precipitación media diaria ha servido a KIRKBY (1980) para realizar su conocido modelo de producción de escorrentía (*day by day storage model*), cuyos resultados acusan el efecto de la variabilidad de los ambientes semiáridos; tales efectos, inter e intra anual, sobre los procesos erosivos se encuentran revisados en THORNES (1980), habiendo desarrollado KIRKBY y NEALE (1986) un modelo de erosión en el que se tiene en cuenta dicha variabilidad mediante las relaciones precipitación-vegetación-erosión a lo largo de las estaciones climáticas.

En resumen, el conocimiento de las pautas de variación de la precipitación diaria en el tiempo es un tema de investigación de sumo interés en los ambientes escasos en lluvias y punto inicial de los estudios de degradación del medio.

En el presente trabajo se estudia la variabilidad pluviométrica de un ambiente semiárido del interior de España como ejemplo de las ideas previamente apuntadas, analizándose la variación interanual de las precipitaciones durante el período 1942-1985.

ÁREA DE ESTUDIO

La estación analizada, Llanos de la Violada, se localiza en la margen izquierda del río Ebro, en la depresión del mismo nombre (NE de España)

(Fig. 1). El registro de precipitaciones diarias abarca el período 1942 hasta nuestros días, analizándose en este trabajo hasta el año 1985. Los máximos y mínimos anuales han oscilado entre 800 y 250 mm.



Fig. 1. Localización de la zona de estudio.

Estacionalmente existen dos máximos en primavera y otoño, aunque todas las estaciones participan con precipitaciones que superan el 20% del total anual. Se aprecia también una tendencia a la concentración de los caudales diarios: al menos el 50% de los volúmenes mensuales de precipitación caen en concentraciones diarias superiores a 10 mm (GONZÁLEZ HIDALGO, 1988) y más del 85% de la precipitación estacional se concentra en eventos (agrupaciones consecutivas de días de precipitación > 0.1 mm) superiores a dicha cifra (GONZÁLEZ HIDALGO, 1992). Estudios realizados en áreas cercanas (DEL VALLE, 1989 y 1990; HERNÁNDEZ, 1988) confirman la extensión de estos caracteres a un espacio más amplio dentro del conjunto de la depresión.

MATERIALES Y MÉTODO

El total de años estudiados se ha clasificado en cinco grupos anuales, con intervalos de precipitación sobre el valor de la media anual del período de $\pm 10\%$ y $\pm 25\%$ (véase Tabla I).

En las fichas mensuales del observatorio se analizaron dos tipos de datos para observar las condiciones de la variación interanual de los aportes hídricos: las rachas secas y los días de lluvia, y se empleó la prueba estadística no paramétrica de comparación de frecuencias (test de Kolmogoroff-Smirnoff, véase STEEL y TORRIE, 1985) entre las respectivas distribuciones de frecuencias de cada grupo de años. Debido al cambio de localización de la estación de registro, los valores diarios de precipitación de los años 1957-1963 no se consideran en el análisis posterior.

LA EVOLUCIÓN DE LAS CIFRAS TOTALES

En la figura 2 se muestran los valores anuales de precipitación registrados en Violada, cuyas oscilaciones interanuales permiten observar diferentes períodos al alza o baja. El valor medio anual es de 497 mm, con un elevado coeficiente de variación interanual (25%). El estudio de los valores de retorno mediante el ajuste de probabilidad extrema de Gumbel (véase FERRAZ, 1985) indica que un incremento del 25% de precipitación sobre el valor promedio anual se alcanza cada cinco años (aproximadamente 600 mm); en 25 años el volumen anual alcanzado se sitúa en torno a los 800 mm, mientras el retorno de 50 años no llega a 900 mm. En la tabla I se indican los rangos de los cinco grupos de años (en adelante denominados «Muy secos», «Secos», «Normales», «Húmedos» y «Muy húmedos»), el número de años de cada grupo y el coeficiente de variación.

	Muy secos	Secos	Normales	Húmedos	Muy húmedos
Rango mm	< 370	370-447	447-546	546-621	> 621
Número	8	10	10	10	7
C.V.	15.5	6	6	2.2	9.2

Tabla I. Caracterización pluviométrica de los años estudiados (1942-1985).

C.V.: coeficiente de variación sobre la media.

En la serie de datos el máximo valor anual casi triplica el mínimo; se ha observado que las variaciones en los aportes estacionales interanuales afectan sobre todo a las estaciones más lluviosas de la primavera y el otoño (GONZÁLEZ HIDALGO, 1989), siendo más regulares el invierno y el verano.

LOS PERIODOS SIN PRECIPITACIÓN: LAS RACHAS SECAS

Se define una racha seca como el período sin lluvia > 24 hr (WHITLOW, 1984). En la serie de años estudiados el número de rachas secas es de 1.301, con una duración media de 9.9 días. La gran variabilidad se manifiesta en sus límites: 2 días por definición y 97 días durante los meses de enero a abril de 1957, valor superior al máximo indicado en condiciones ligeramente más extremas de

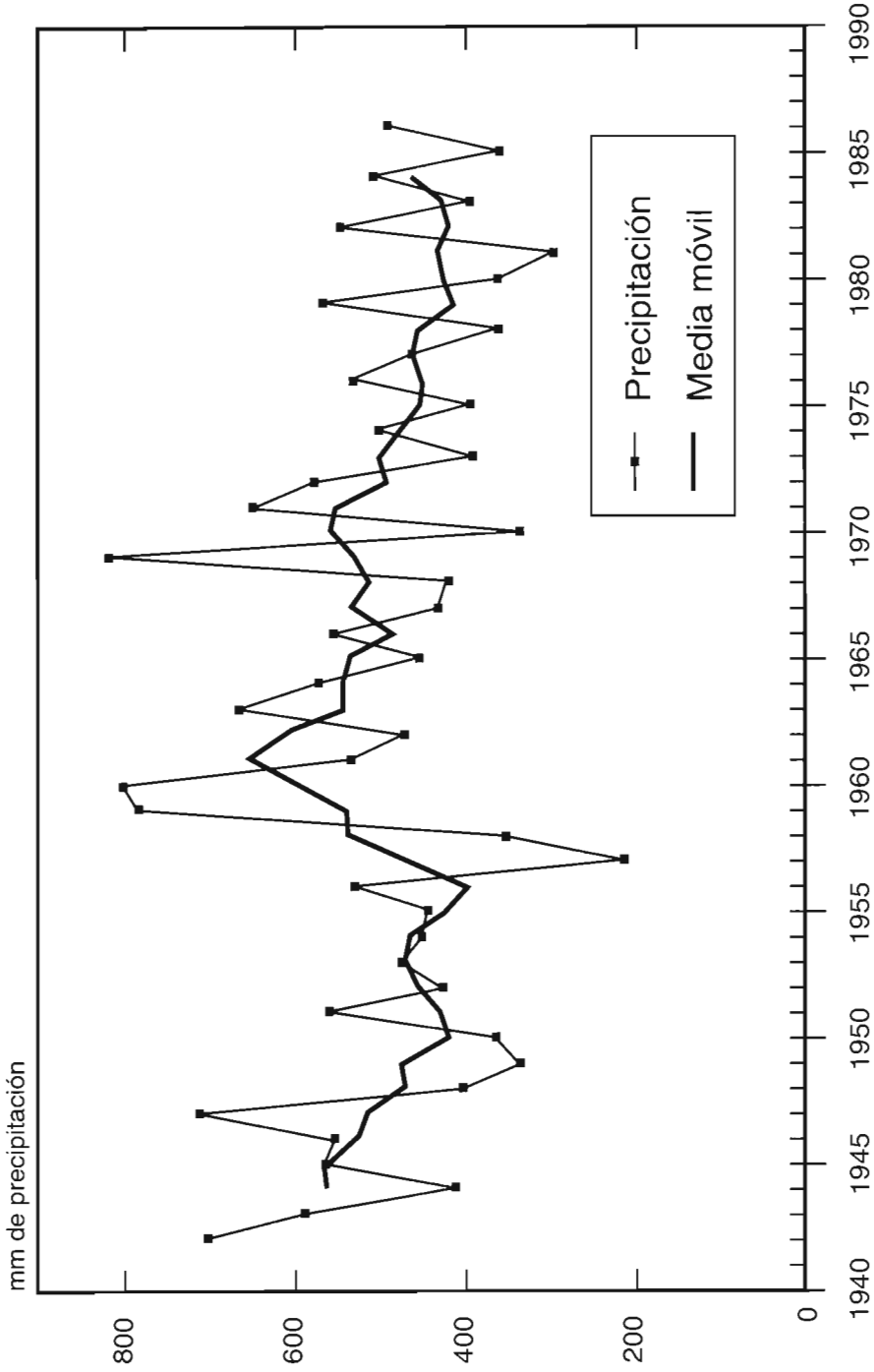


Fig. 2. Precipitaciones anuales (1942-1985). Medias móviles quinquenales.

Zaragoza capital (88 días) (ASCASO y CASAL, 1981). En conjunto, el porcentaje de tiempo incluido en rachas secas supone el 78%. El análisis de los retornos señala que con periodicidad muy alta (2-3 años) es probable que se produzca una racha seca de 40-50 días (GONZÁLEZ HIDALGO, 1992).

Las distribuciones de rachas secas presentan unos valores semejantes entre los cinco grupos de años (Fig. 3); no son significativas las diferencias en la prueba de Kolmogoroff-Smirnoff en los sucesivos cruces de grupos de años, salvo en los casos más extremos (Tabla II).

	Muy secos	Secos	Normales	Húmedos
Secos	NS			
Normales	NS	NS		
Húmedos	NS	NS	NS	
Muy húmedos	*	NS	NS	NS

Tabla II. Comparación de frecuencias de rachas secas.

NS: diferencias no significativas ($p \leq 0.05$) *: diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

La ausencia de diferencias significativas entre las distribuciones de frecuencias de rachas secas de los diferentes grupos de años manifiesta una homogeneidad interanual en cuanto a las condiciones de sequía (ausencia de agua) y anticipa que las variaciones de precipitación anual no parecen producirse por el incremento del número de días de precipitación.

EL ANÁLISIS DE LOS APORTES DIARIOS DE LLUVIA

El valor promedio del número de días de precipitación para los cinco grupos de años ordenados de «Muy secos» a «Muy húmedos» es de 50, 60, 60, 64 y 64 días, con coeficientes de variación en cada grupo en torno al 25%. No existe una correlación significativa entre el número de días y el volumen alcanzado en cada grupo de años, ni tampoco en el conjunto de la serie, en clara relación con los resultados obtenidos en el análisis de las rachas secas.

Los retornos diarios de precipitación se han evaluado según el método propuesto por AHNERT (1987), quien señala que de este modo se evitan los inconvenientes de la probabilidad extrema, además de incluir en el cálculo todos los

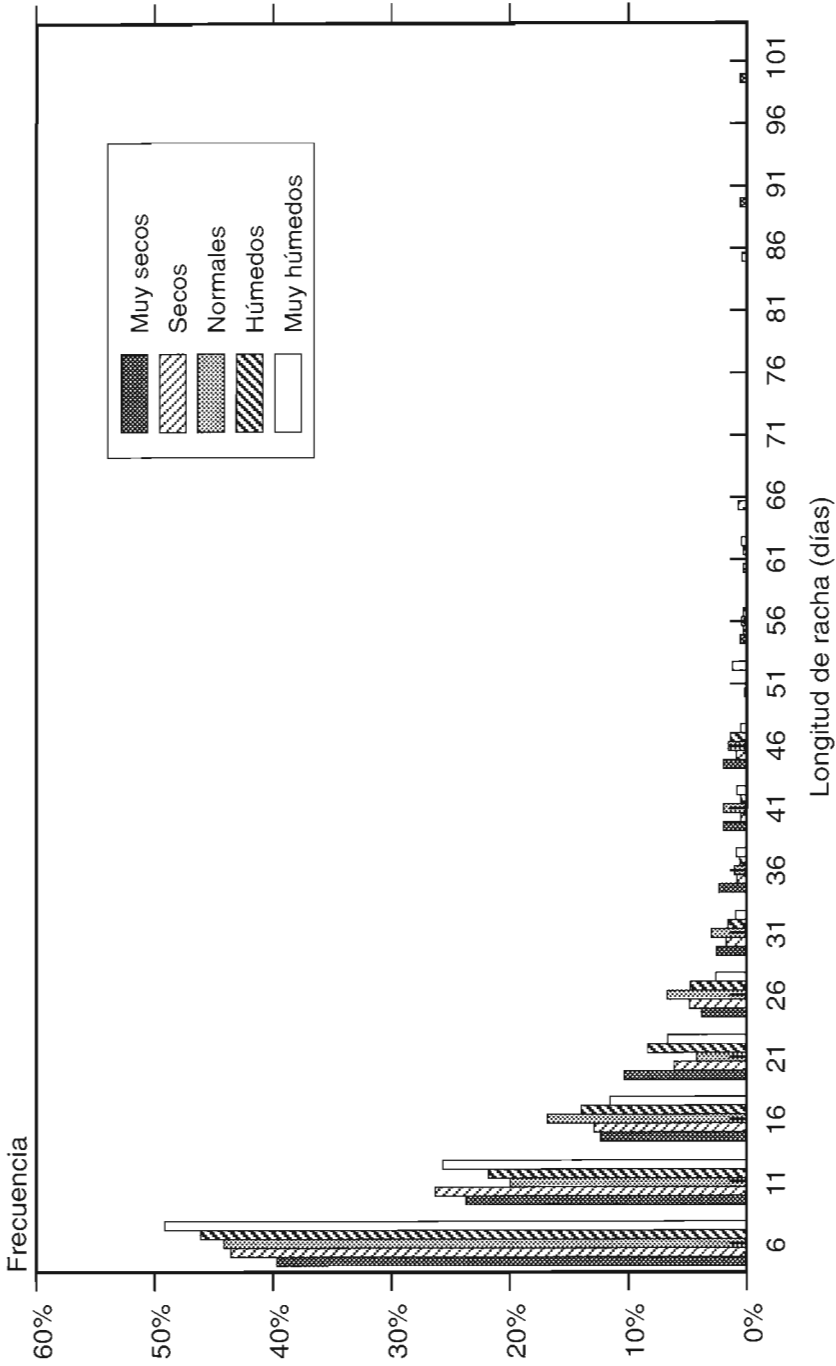


Fig. 3. Distribución de frecuencias de rachas secas por grupos de años.

días de precipitación. Dicho método, variante sobre el cálculo de Gumbel, realiza un ajuste semilogarítmico según notación

$$P_{24} = a + b \log_{10} RI$$

con P_{24} , el volumen de precipitación en 24 hr, y RI, el retorno de cada valor (en años) determinado según

$$RI = N + 1 / \text{rango}$$

siendo N el número total de unidades de tiempo registradas (años), y el rango su número de orden de mayor a menor. El ajuste obtenido tiene un valor en su coeficiente de determinación significativo (r^2 0.98, con $p < 0.01$).

Los resultados indican que se espera una precipitación de 44 mm día cada año; cada cinco años el valor del máximo diario se eleva a 66 mm, mientras el retorno de 25 y 50 años es respectivamente de 88 y 97 mm de precipitación diaria.

En la figura 4 se presentan las distribuciones de frecuencias de los días de precipitación de los cinco grupos de años. La tabla III muestra los valores de la prueba estadística de comparación de dichas distribuciones entre grupos, empleando intervalos de 5 mm de precipitación.

Los resultados indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las distribuciones de frecuencias de los días de lluvia de los años menos lluviosos (< 500 mm) y que sí las hay entre estos y los años de mayor precipitación. Más aún, las diferencias se concentran en el intervalo de precipitación 1 (0.1-5 mm) y 2 (5.1-10 mm), cuyo volumen no es suficiente para asegurar las variaciones de precipitación total entre años.

El mismo análisis realizado en intervalos de 10 mm señala idénticos resultados.

	Muy secos	Secos	Normales	Húmedos
Secos	NS (2)			
Normales	NS (2)	NS (1)		
Húmedos	* (1)	* (2)	NS (2)	
Muy húmedos	* (1)	* (2)	* (2)	* (3)

Tabla III. Comparación de frecuencias de días de lluvia.

NS: diferencias no significativa ($p \leq 0.05$)*: diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Entre paréntesis se señalan las clases (intervalos de precipitación) en las que se produce el valor Dmax.

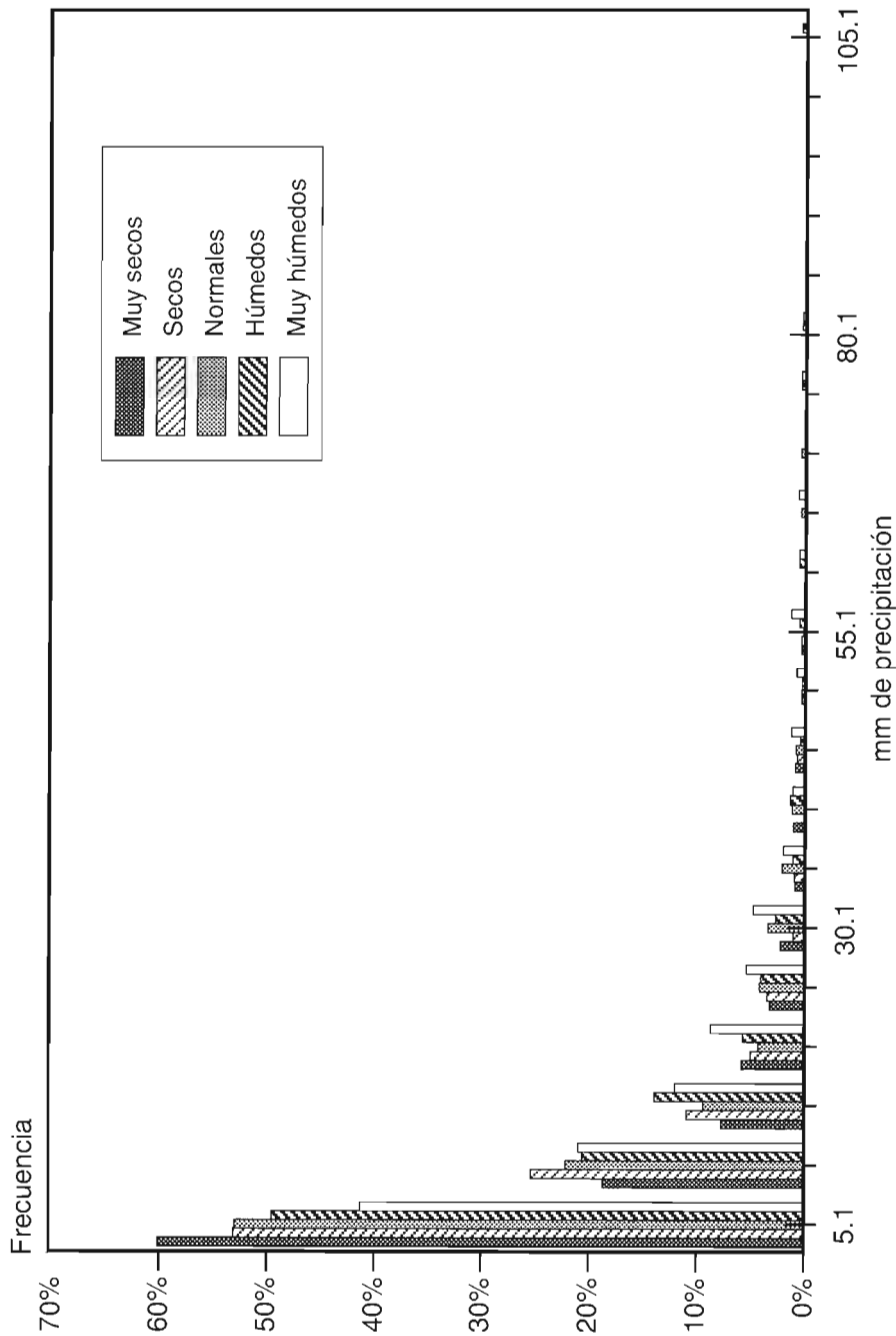


Fig. 4. Distribución de frecuencias de días de lluvia por grupos de años.

OBSERVACIONES SOBRE LA VARIABILIDAD INTERANUAL

Secuencias secas y días de lluvia constituyen el marco general bajo el que se configuran en el tiempo las condiciones en las que se producen los aportes hídricos de cualquier ambiente. En el primer caso por cuanto los intervalos de días sin precipitación representan lapsos de tiempo durante los cuales podrá realizarse un trasvase a la atmósfera y restringirse la reserva hídrica; en el segundo, porque el estudio de las distribuciones de frecuencias de los días de lluvia es una indicación de la intensidad con que se producen los aportes y las consecuencias asociadas a los mismos (oportunidad de infiltración, producción de escorrentía, etc.).

El estudio de las rachas secas en el ambiente de Violada señala que las condiciones hídricas generales de la zona se caracterizan por una marcada sequía; es elevada la posibilidad de que se produzca un periodo sin precipitación superior a los 60 días, hecho que sugiere la persistencia en el tiempo de condiciones hídricas restrictivas. En otras palabras, el área en que se localiza la estación estudiada puede caracterizarse por la existencia de una sequía persistente (ausencia de precipitación), así como por la presencia de aridez (ausencia de agua en el suelo), ambas señaladas por el estudio de las rachas secas y confirmadas en otras investigaciones (DEL VALLE, 1990; GONZÁLEZ HIDALGO, 1992).

La homogeneidad de las rachas secas entre años, independientemente del volumen de precipitación anual, la semejanza interanual del número de días de precipitación y los resultados de los análisis de frecuencia de los días de precipitación contrastan con las variaciones interanuales de los totales de precipitación observados.

Las diferencias en las distribuciones de frecuencias de los días de lluvia, cuando existen, se concentran en los intervalos más bajos de precipitación, razón que no permite explicar las variaciones volumétricas observadas en los totales anuales. Por ello no se puede aceptar que la causa de la variación interanual sea un cambio de la distribución de frecuencias de los días de lluvia entre los grupos de años y la razón debe buscarse por otros derroteros.

En la tabla IV se muestran los valores de los cuatro días de máxima precipitación en cada año, junto con los valores totales de la lluvia anual. La figura 5 muestra la relación entre dicho total de precipitación anual y la suma de la precipitación de los cuatro días de mayor volumen. La relación es positiva y significativa ($r = 0.67$, $p \leq 0.05$). El mismo tipo de relación se mantiene prácticamente igual con el valor de precipitación de los días números 2, 3 y 4, descontando el máximo anual ($r = 0.66$, $p \leq 0.05$).

1	2	3	4	P año	Año
77,0	54,5	45,6	44,6	701,6	1942
57,4	45,4	43,0	28,4	588,9	1943
29,9	25,2	23,7	22,6	411,9	1944
78,0	52,4	44,4	37,5	565,1	1945
55,8	28,2	25,2	24,6	553,1	1946
60,6	43,6	40,0	35,1	711,5	1947
40,2	33,2	32,6	20,8	403,5	1948
39,4	26,6	24,5	17,5	334,5	1949
44,0	40,5	28,0	26,0	362,6	1950
31,5	27,0	26,0	23,5	559,3	1951
51,5	24,4	17,2	16,0	426,0	1952
44,0	38,5	35,2	34,3	477,4	1953
45,0	42,2	29,6	28,4	451,4	1954
23,5	22,5	20,0	17,0	444,6	1955
42,7	34,0	26,0	25,2	531,2	1956
29,5	25,0	24,5	23,5	572,7	1964
29,0	27,5	23,5	22,5	454,8	1965
101,3	35,5	24,2	23,9	554,7	1966
42,5	29,5	29,0	23,7	431,5	1967
45,0	24,0	20,5	17,8	419,5	1968
57,2	44,0	38,7	32,8	818,7	1969
39,2	32,5	25,2	20,5	336,5	1970
45,5	37,3	32,0	28,8	649,7	1971
40,0	37,3	33,0	30,7	576,8	1972
33,0	31,0	22,7	20,0	390,1	1973
70,0	62,0	39,5	26,0	501,6	1974
30,0	26,0	21,0	18,0	394,0	1975
33,0	28,0	26,0	26,0	531,5	1976
40,0	33,5	31,5	17,5	461,9	1977
18,0	16,7	16,0	11,6	360,3	1978
55,5	52,5	29,0	26,7	567,4	1979
34,4	30,0	22,2	19,0	361,4	1980
29,2	23,6	19,8	17,5	295,7	1981
74,5	23,0	20,1	19,3	545,4	1982
45,7	23,3	22,5	20,7	394,2	1983
45,4	26,5	23,0	23,0	507,6	1984
34,0	27,0	17,3	14,8	358,9	1985

Tabla IV. Valores de precipitación de los cuatro máximos diarios y totales anuales. Los números de los encabezamientos indican el número de orden de la precipitación diaria en el conjunto del año. P año: precipitación total anual (el orden de los años es cronológico).

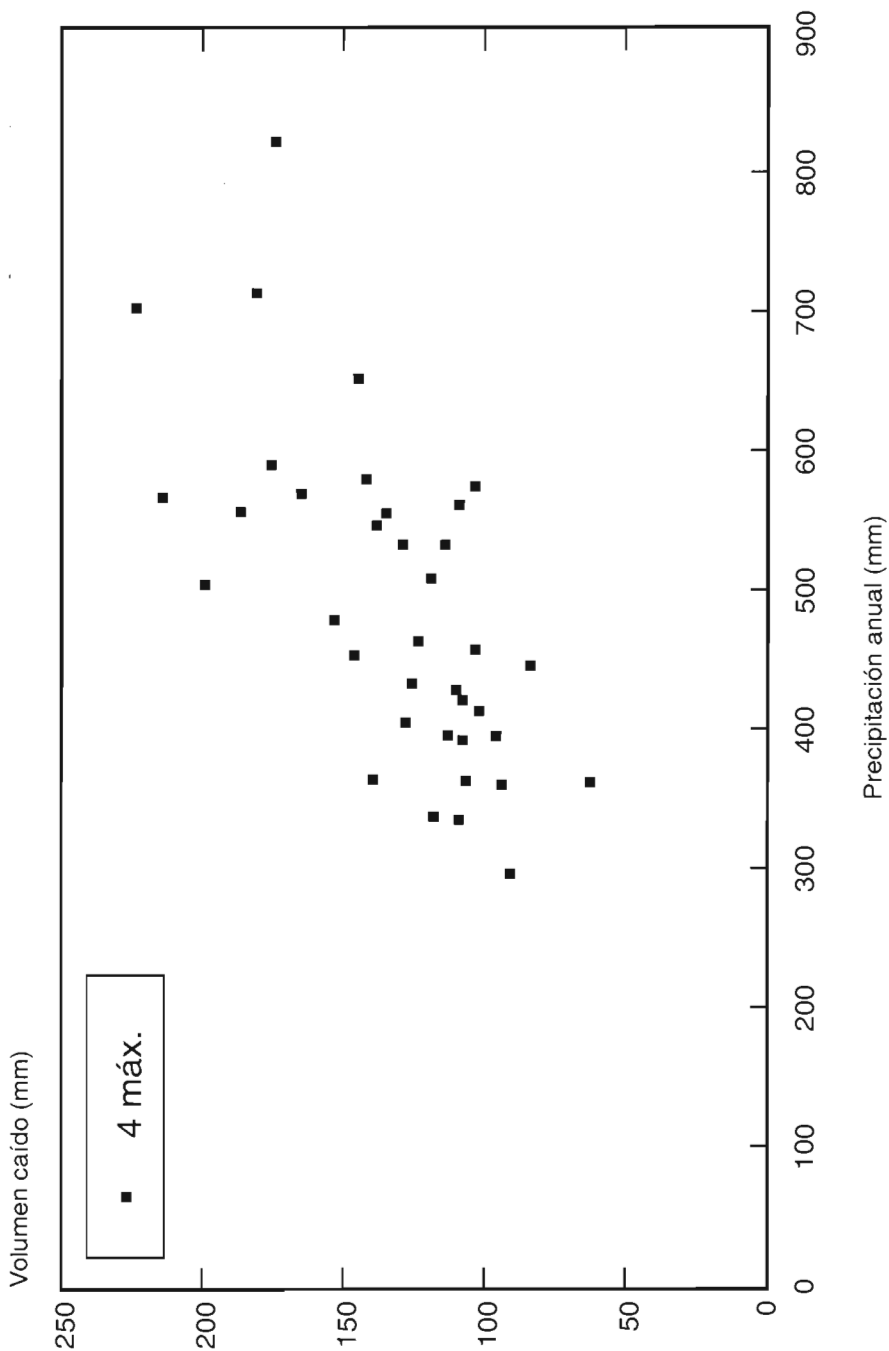


Fig. 5. Variación anual de la lluvia y volumen de los cuatro máximos diarios.

Los resultados parecen indicar que la variabilidad interanual de la precipitación se produce fundamentalmente por la presencia de muy pocas tormentas que no modifican la distribución de frecuencias de los días de lluvia. Dichas tormentas son así capaces de alterar los valores anuales hasta dos o tres veces, de manera que una vez descontados estos cuatro días máximos de precipitación el valor promedio de precipitación anual de la estación analizada desciende hasta los 250-300 mm aproximadamente.

Por tales razones, la caracterización pluviométrica de ambientes como el estudiado debiera realizarse en atención, no del volumen total anual (y menos su promedio), sino más bien en función de la distribución de frecuencias de los días de lluvia y la recurrencia de determinados volúmenes de precipitación, quienes serían indicadores más fiables de los volúmenes finales y sobre todo de sus previsibles consecuencias.

BIBLIOGRAFÍA

- AHNERT, F. (1987). An approach to the identification of morphoclimates. En *International Geomorphology*, II: 159-188 (V. GARDINER, ed.).
- ARNOLDUS, A. (1980). An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. En *Assesment of Erosion*: 127-132 (M. DE BOODT y D. GABRIELS, eds.).
- ASCASO, A. y CASALS, M. (1981). Periodos secos y sequías en la depresión central del Ebro. *Geographicalia*, 11-12: 55-71.
- DEL VALLE, J. (1989). El régimen pluviométrico de la Hoya de Huesca. *Lucas Mallada*, 1: 167-187.
- DEL VALLE, J. (1990). Tendencias climáticas en la zona central de la provincia de Huesca durante los últimos 30 años. *Geographicalia*, 27: 225-240.
- FERRAZ, J. (1985). Precipitaciones extremas. Cálculo de los períodos de retorno. En *III Curso de Ordenación del Territorio*: 43-52 (J. PORTA, ed.).
- FOURNIER, F. (1960). *Climat et érosion*. P.U.F., París.
- GABRIELS, D. y MITCHELS, P. (1990). Rainfall erosivity for European Mediterranean Countries. En *Erosión del Suelo en condiciones ambientales mediterráneas*, UIMP, Valencia (informe de trabajo).
- GONZÁLEZ HIDALGO, J. C. (1988). *Geomorfología y procesos morfogenéticos en las márgenes del Polígono de Riegos de la Violada. Aproximación Metodológica*. Tesis Master en Ciencias, IAMZ, Zaragoza.
- GONZÁLEZ HIDALGO, J. C. (1989). Dinámica de ecosistemas: fluctuaciones climáticas de corto plazo. *Options Méditerranéennes, Ser Sem.*, 3: 331-335.

- GONZÁLEZ HIDALGO, J. C. (1992). *Pautas espaciales de la erosión hídrica en el semiárido aragonés. Exposición topográfica y cubierta vegetal, factores de erosión*. Tesis Doctorado, Departamento de Geografía. Universidad de Zaragoza.
- GOUDIE, A. (1987). Change and instability in the desert environment. En *Horizons in Physical Geography*: 250-265 (M. J. CLARK *et al.*, eds.).
- HERNÁNDEZ, M. L. (1988). Climatología agrícola de la comarca de Zaragoza. *Geographica*, 25: 94-122.
- KIRKBY, M. J. (1980). Modelling water erosion processes. En *Soil erosion*: 183-216 (M. KIRKBY y R. P. C. MORGAN, eds.).
- KIRKBY, M. J. y NEALE, R. H. (1986). A soil erosion model incorporating seasonal factors. En *International Geomorphology*, II: 189-210 (V. GARDINER, ed.).
- LANGBEIN, W. B. y SCHUMM, S. A. (1958). Yield of sediments in relation to mean annual precipitation. *Trans. Amer. Geophysical Union*, 39: 1076-1084.
- PILGRIM, A. T.; PUVANESWARAN, P.; CONACHER, A. J. (1986). Factors affecting natural rates of slope development. *Catena*, 13: 169-180.
- STEEL, R. y TORRIE, J. (1985). *Bioestadística: principios y aplicaciones*. McGraw Hill, México.
- THORNES, J. B. (1980). Erosional processes of running water and their spatial and temporal controls: a theoretical viewpoint. En *Soil erosion*: 129-182 (M. KIRKBY y R. P. C. MORGAN, eds.).
- YAIR, A. y ENZEL, Y. (1987). The relationships between annual rainfall and sediment yield in arid and semiarid areas. The case of the northern Negev. *Catena Supp.*, 10: 137-146.
- WHITTOU, J. (1984). *Dictionary of Physical Geography*. Penguin, Nueva York.