

UN METODO GRAFICO PARA DESCRIBIR EL COMPORTAMIENTO DE UNA SERIE PLUVIOMETRICA

por F. Huerta

INTRODUCCION

Entre los elementos climáticos (temperatura, humedad, precipitación, viento, presión, etc.), la precipitación ocupa un lugar singular, no se trata de una magnitud física medida en una hora determinada (como la temperatura, la humedad, etc.), sino de la precipitación recogida en un período determinado (un día, un mes, una estación, o un año) y así figura en los resúmenes y en las tablas climatológicas. Es cierto que los pluviógrafos registran la evolución cronológica de la precipitación pero aquí nos referimos a los datos de los pluviómetros.

Los datos pluviométricos tienen una elaboración estadística bastante normalizada, que en la actualidad se basa en el proceso de los datos con programas de ordenador, por el contrario, en el método utilizado en este artículo sólo es necesario disponer de una cinta de papel.

En el estudio que se hace a continuación se ha elegido la descripción de la evolución cronológica de la precipitación mensual del observatorio de Madrid-Retiro en el período 1940-1982, poco más de cuarenta años.

Como la precipitación no sólo tiene importancia en el período en que tiene lugar sino también influye en los meses sucesivos (evolución de las cosechas, de los recursos hídricos, etc.), este estudio no sólo se refiere a las precipitaciones individuales en cada mes sino también a las precipitaciones acumuladas 2 meses (P_2), 3 meses (P_3), 6 meses (P_6), 9 meses (P_9) y 12 meses (P_{12}), en las

que se suma a cada precipitación mensual los de los meses anteriores correspondientes (así P_3 resulta de sumar a la precipitación del mes actual las de los dos meses anteriores), por ello a la tabla inicial de $40 \times 12 = 480$ precipitaciones mensuales, se añaden $5 \times 480 = 2.400$ precipitaciones acumuladas.

El método que describe a continuación permite, para las precipitaciones mensuales y las acumuladas, determinar:

1. la evolución cronológica,
2. el comportamiento comparativo con los otros meses del mismo período, y
3. el número de años y las fechas de los mismos con valores iguales, superiores e inferiores.

En la tabla A se da un fragmento (1977-1981) de la serie pluviométrica de Madrid-Retiro como base de las aplicaciones que se describen en la página siguiente.

En el método propuesto no sólo es aplicable al estudio de los datos pluviométricos, sino que se puede usar para el estudio de cualquier conjunto de datos, ya que, con la cinta en la que se han transcrito los datos, se pueden hacer, en la forma en que se explica, las operaciones estadísticas más simples con gran facilidad: i) hallar valores medios; ii) hallar las series ordenadas y las frecuencias por intervalos; iii) hallar las series ordenadas de los valores simples o acumulados; iv) hallar las medias móviles; además se pueden dibujar los más diversos tipos de gráficos. Por otra parte, la cinta

T A B L A A .Serie pluviométrica de Madrid-Retiro .Periodo 1941-80

1941	94.3	54.7	54.0	66.7	60.7	29.8	9.2	14.4	11.1	2.6	100.2	10.7	503.4
1942	20.3	18.5	66.8	81.3	23.5	27.5	0.4	22.6	59.9	121.0	44.5	55.4	542.2
1943	20.5	20.2	33.8	132.1	17.8	14.5	35.6	5.5	55.1	43.1	8.6	23.1	413.9
1944	0.1	13.3	5.0	83.9	35.9	21.7	4.3	14.6	72.3	92.5	29.2	32.0	404.6
1945	27.8	6.3	20.1	1.2	19.1	40.7	0.4	6.2	1.0	15.5	87.4	83.1	309.8
1946	17.7	24.5	30.1	113.9	71.2	9.5	0.0	0.1	9.9	12.6	16.6	16.2	322.5
1947	31.2	126.4	123.0	40.0	59.3	37.0	54.8	48.6	46.5	71.1	24.7	26.1	690.7
1948	70.1	39.7	14.9	71.4	55.2	3.6	2.3	9.1	11.0	33.6	0.0	44.9	355.8
1949	3.1	4.7	33.1	19.3	52.6	26.9	41.3	9.3	112.1	3.0	57.0	38.6	401.0
1950	6.6	26.0	17.9	1.4	27.8	17.9	16.2	11.0	13.2	50.7	14.3	89.9	292.9
1951	66.9	53.1	63.3	67.1	27.8	23.9	3.4	11.0	32.6	33.8	108.3	30.3	571.5
1952	35.2	15.4	49.8	64.6	60.9	2.8	20.3	31.5	12.1	16.0	36.5	32.2	331.3
1953	7.8	18.6	30.2	73.8	9.1	25.1	13.4	1.0	32.7	68.2	14.9	90.7	393.5
1954	4.6	6.0	46.6	18.9	72.5	19.4	1.1	2.1	0.8	0.2	66.1	2.7	240.2
1955	90.3	100.0	9.8	33.5	28.9	14.5	10.2	48.7	4.9	89.6	61.3	60.6	552.3
1956	74.9	66.2	82.0	45.5	66.2	28.3	12.3	11.6	25.4	37.5	9.9	12.0	472.1
1957	8.1	32.1	32.6	50.3	31.2	54.0	0.0	0.2	13.7	121.3	21.2	24.7	394.4
1958	43.8	14.4	58.5	24.4	30.7	53.1	1.0	5.9	17.0	23.8	4.5	180.5	465.6
1959	25.5	17.0	68.3	27.6	103.3	30.8	31.0	73.6	115.1	58.5	44.6	40.6	626.1
1960	64.4	75.1	44.2	4.9	70.9	27.0	5.8	9.9	9.4	170.9	54.3	51.2	588.0
1961	23.4	3.4	12.9	60.9	33.2	6.5	15.6	13.9	60.3	23.2	137.2	55.0	445.7
1962	46.3	26.4	89.1	81.4	47.3	30.1	0.0	0.0	45.1	57.0	28.2	64.9	513.3
1963	107.4	69.3	16.9	84.7	1.5	72.4	20.2	0.0	57.9	24.6	191.1	98.6	746.6
1964	5.9	109.6	40.4	18.8	19.6	50.1	11.1	0.0	11.1	6.7	18.9	35.5	355.9
1965	48.7	41.2	89.1	13.1	6.4	2.5	0.0	5.3	47.1	126.9	7.3	46.2	513.0
1966	93.4	74.1	6.6	63.0	26.7	34.0	3.9	2.6	27.6	120.2	75.9	2.3	530.0
1967	31.7	43.2	15.7	61.9	30.6	16.2	0.0	1.9	12.7	51.0	17.1	2.6	354.6
1968	1.0	73.7	54.4	76.1	15.0	3.5	0.4	20.0	16.0	11.1	65.1	41.0	383.3
1969	43.8	31.2	2.8	64.5	39.3	53.0	8.1	9.0	54.6	48.8	70.2	24.2	507.5
1970	156.1	10.4	14.6	1.4	18.8	17.7	11.5	10.3	0.0	4.0	67.4	13.5	306.5
1971	49.5	12.9	66.0	66.4	132.5	53.7	7.4	5.4	11.9	16.5	7.1	78.2	507.5
1972	75.6	74.0	65.0	6.7	14.4	24.5	13.9	0.2	169.0	159.9	78.3	57.2	738.7
1973	49.0	2.5	24.0	9.3	71.5	29.7	9.1	2.4	0.0	37.1	51.8	68.3	354.7
1974	32.1	31.8	43.3	34.2	18.8	51.7	16.5	1.1	0.0	11.1	49.1	10.6	300.3
1975	31.3	39.9	32.5	114.3	49.6	15.4	1.1	14.7	39.6	2.8	34.5	60.0	435.7
1976	12.1	51.3	14.4	74.3	35.7	39.1	34.1	56.2	79.4	62.8	47.2	102.4	609.0
1977	64.8	45.4	7.8	24.4	30.7	29.4	19.9	12.7	17.0	64.8	44.0	115.7	475.8
1978	34.1	88.3	47.2	67.5	78.0	52.7	0.0	0.0	10.2	19.9	32.0	99.4	549.3
1979	120.9	81.6	41.1	46.3	16.0	5.3	41.5	1.0	19.7	91.3	16.5	17.9	498.5
1980	13.7	39.5	46.3	50.3	82.5	26.3	0.0	5.7	6.4	45.9	50.2	0.7	367.5
media	44	43	42	49	42	28	12	13	35	51	50	49	458

tiene una cierta «memoria», los datos transcritos se conservan indefinidamente en la misma, listos para cualquier tipo de comprobaciones o nuevos cálculos o gráficos.

1. Transcripción de las observaciones a la cinta

Se comienza por construir una escala gráfica de medida. Para gran parte de los casos descritos a continuación es suficiente que la escala tenga el factor 1/2 (10 mm ± 5 mm) como se hace en la figura 1, sobre una recta en papel milimetrado o en papel corriente y haciendo las divisiones con

una regla graduada. La escala debe prolongarse hacia la derecha; a partir del cero, hasta totalizar 800 mm de precipitación (es decir, 400 mm) (véase Fig. 1).

En una cinta larga de papel se transcribe los datos de la serie pluviométrica, para ello es muy apropiada la cinta usada en los teletipos. Los valores de la tabla de la serie pluviométrica de Madrid-Retiro se redondean a las unidades y se transcriben a la cinta a partir de un origen. Para ello el origen se sitúa sobre la cifra de las unidades y las decenas, porción izquierda de la escala y la cifra de las centenas, si las hay, se añade en la porción derecha de la escala. Así en la parte superior de la fi-

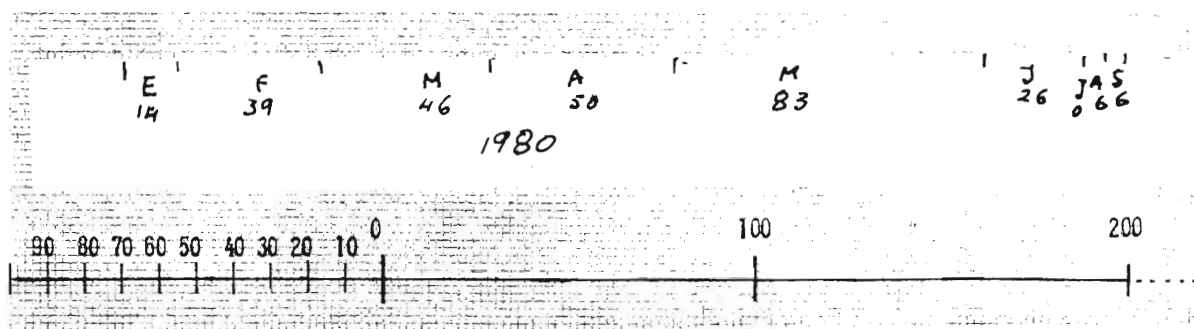


Figura 1.

gura, se tiene un trozo de cinta de teletipo en que se han transcrito los valores correspondientes a los meses de enero a septiembre de 1980. Son: enero (E = 14 mm), febrero (F = 39 mm), marzo (M = 46 mm), abril (A = 50 mm), mayo (M = 83 mm), junio (J = 26 mm), julio (J = 0 mm), agosto (A = 6 mm) y septiembre (S = 6 mm). La suma es:

$$S = 14 + 39 + 46 + 50 + 83 + 26 + 0 + 6 + 6 = 270 \text{ mm}$$

Es útil tener en cuenta las siguientes indicaciones:

- En un borde de la cinta se transcriben los datos del período 1940-1960.
- En el reverso de la cinta y en el otro borde, a partir del mismo origen se transcriben los datos del período 1960-1980.
- Al terminar la transcripción de cada año se comprueba si la precipitación total del año coincide con el valor anual correspondiente.

2. Gráficas cronológicas de la precipitación mensual y de las precipitaciones acumuladas 2, 3, 6, 9 y 12 meses

En una hoja de papel milimetrado de 40 × 28 cm, en el lado de 28 cm se toma el eje cronológico señalando los meses a intervalos de 0,5 cm, en cada hoja se pueden transcribir los datos de 57 meses (4 años y 9 meses). En el ejemplo adjunto (véase Fig. 2 con una reducción del 0,62) se transcriben los datos desde mayo de 1977 a enero de 1982. En el lado de 40 cm se toma el eje de las precipitaciones que varía de 0 a 800 mm.

Los meses se representan por sus iniciales, se trazan líneas verticales para separar los años y líneas horizontales a intervalos de 100 mm. (E-enero, F-febrero, etc.).

Para proceder a la transcripción se pone la hoja sobre la mesa en forma apaisada, se coloca encima la cinta con los datos transcritos y el origen del mes correspondiente (raya de la izquierda) sobre el eje cronológico, y se marcan, sucesivamente, en la línea los puntos correspondientes a: i) la precipitación mensual (un punto); ii) la precipitación acumulada 2 meses (un trazo); iii) la precipitación acumulada 3 meses (una cruz); iv) la precipitación acumulada 6 meses, en el caso de mayo habría que marcar hasta incluir diciembre de 1976 (un punto rodeado de un círculo); v) la precipitación acumulada 9 meses, en el caso de mayo habría que marcar hasta incluir septiembre de 1976 (un punto rodeado de un triángulo); vi) la precipitación acumulada 12 meses (un año), en el caso de mayo habría que marcar hasta incluir junio de 1976 (un punto rodeado de un cuadrado).

Si se unen los puntos por segmentos apropiados se obtienen unas líneas quebradas que representan la evolución cronológica de las precipitaciones correspondientes.

Propiedades de las líneas quebradas

- Las precipitaciones mensuales y las acumuladas k meses en el mes n , supuesta una serie ordenada de los meses (1, 2, 3, ..., $n-1$, n , $n+1$, ... etc.) para el mes n se puede escribir $P_{k,n} = RR_n + RR_{n-1} + \dots + RR_{n-(k-1)} = RR_n +$

ESTADÍSTICA DE LA SERIE FLUVIOMÉTRICA DE MADRID-RETIRO (Mayo 1977 - Agosto 1981)

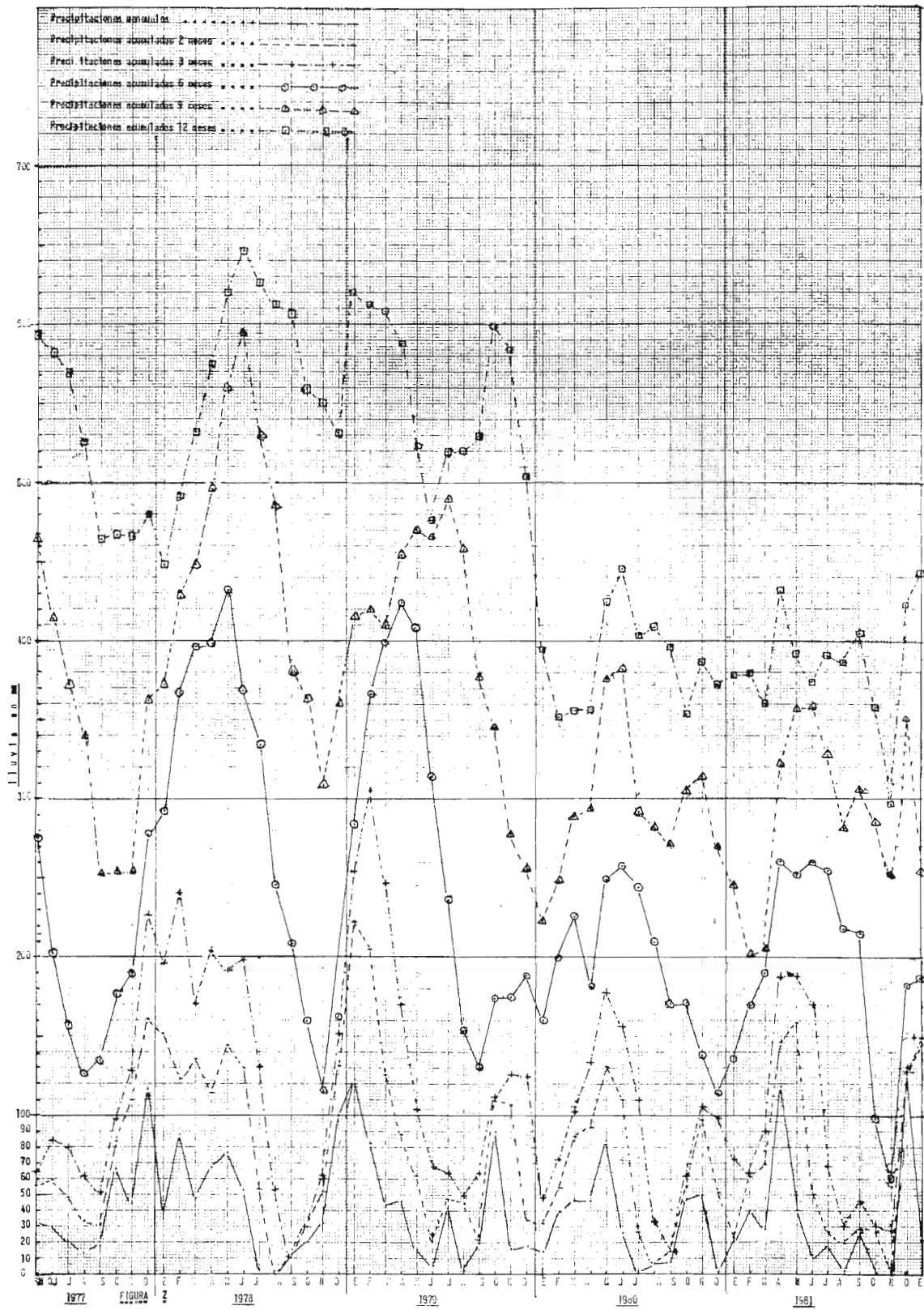


Figura 2.

$RR_{n-1} + \dots + RR_{n-k+1}$, donde RR_n es la precipitación mensual en el mes n , RR_{n-1} es la precipitación mensual en el mes anterior ($n-1$), ..., etc., y con la condición de que, para $k = 1$ es $P_{1,k} = RR_n$.

Así las precipitaciones de las ordenadas de las líneas quebradas representadas en el gráfico son:

$$\begin{aligned} P_{1,n} &= RR_n \\ P_{2,n} &= RR_n + RR_{n-1} = P_{1,n} + P_{n-1} \\ P_{3,n} &= RR_n + RR_{n-1} + RR_{n-2} = P_{2,n} + P_{1,n-2} \\ P_{6,n} &= RR_n + RR_{n-1} + \dots + RR_{n-5} = P_{3,n} + P_{2,n-1} \\ P_{9,3,n-3,n} &= RR_n + RR_{n-1} + \dots + RR_{n-8} = P_{3,n} + P_{3,n-3} + P_{3,n-6} = P_{3,n} + P_{3,n-6} \\ P_{12,n} &= RR_n + RR_{n-1} + \dots + RR_{n-11} = P_{3,n} + P_{3,n-3} + P_{3,n-6} + P_{3,n-9} + P_{9,n} + P_{3,n-9} \end{aligned}$$

Las diferencias entre las ordenadas de dos líneas quebradas contiguas, son:

$$\begin{aligned} P_{2,n} - P_{1,n} &= P_{1,n-1}; \text{ ó } P_{2,n+1} - P_{1,n} = P_{1,n} \\ P_{3,n} - P_{2,n} &= P_{1,n-2}; \text{ ó } P_{3,n+2} - P_{3,n+1} = P_{1,n} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{6,n} - P_{3,n} &= P_{3,n-3}; \text{ ó } P_{6,n+3} - P_{3,n+3} = P_{3,n} \\ P_{9,n} - P_{6,n} &= P_{3,n-6}; \text{ ó } P_{9,n+6} - P_{6,n+6} = P_{3,n} \\ P_{12,n} - P_{9,n} &= P_{3,n-9}; \text{ ó } P_{12,n+9} - P_{9,n+9} = P_{3,n} \end{aligned}$$

Las dos primeras diferencias indican que el valor de una precipitación mensual es: i) la ordenada de la primera línea quebrada en un mes; ii) la diferencia entre las ordenadas de las quebradas $P_{2,n}$ y $P_{1,n}$ un mes después; iii) la diferencia entre las ordenadas de las quebradas $P_{3,n}$ y $P_{2,n}$ dos meses después.

Las otras dos diferencias indican que el valor de una precipitación acumulada 3 meses: i) la ordenada de la quebrada $P_{3,n}$; ii) la diferencia entre las quebradas $P_{6,n}$ y $P_{3,n}$ tres meses después; iii) la diferencia entre las quebradas $P_{9,n}$ y $P_{6,n}$ seis meses después; iv) la diferencia entre las quebradas $P_{12,n}$ y $P_{9,n}$ nueve meses después.

b) La diferencia entre dos precipitaciones acumuladas sucesivas será:

$$P_{k,n} - P_{k,n-1} = RR_n - RR_{n-k} = \text{tg}\alpha$$

que representa la pendiente del segmento correspondiente de la quebrada en el gráfico.

La $\text{tg}\alpha > 0$: $RR_n > RR_{n-k}$ la precipitación en el mes k meses anterior es menor que en el mes actual.

Si $\text{tg}\alpha = 0$; $RR_n = RR_{n-k}$ la precipitación en el mes k meses anteriores es igual que en el mes actual.

Si $\text{tg}\alpha < 0$: $RR_n < RR_{n-k}$ la precipitación en el mes k meses anterior es mayor que en el mes actual.

Así, por ejemplo, en la quebrada P_{12} los tramos horizontales indican que las precipitaciones del mismo mes en dos años sucesivos son iguales; si hay una pendiente positiva, que el mes ha sido más lluvioso que el mismo mes del año anterior y si la pendiente es negativa, que el mes ha sido menos lluvioso que el mismo mes del año anterior.

c) Valores medios cronológicos de las ordenadas. La expresión si N es el n° total de años es:

$$\begin{aligned} \bar{P}_{k \cdot N} &= \frac{1}{N} \sum_{y=1}^{i=N} (P_{kn}) = \frac{1}{N} \sum_{y=1}^{i=N} (RR_n + \\ &+ RR_{n-1} + \dots + RR_{n-k+1})_i = \\ &= \frac{1}{N} \sum_{y=1}^{i=N} (RR_n)_i + \frac{1}{N} \sum_{y=1}^{i=N} (RR_{n-1})_i + \\ &+ \dots + \frac{1}{N} \sum_{y=1}^{i=N} (RR_{n-k+1})_i = \\ &= \overline{RR}_n + \overline{RR}_{n-1} + \dots + \overline{RR}_{n-k+1} \end{aligned}$$

luego el \bar{P}_{kn} es la suma de los valores medios de las precipitaciones medias mensuales del mes y los de los k-1 meses precedentes. Así \bar{P}_{3n} para abril es la suma de precipitaciones medias mensuales de abril y marzo y febrero y en el caso de Madrid-Retiro es

$$(\bar{P}_{3A}) = \overline{RR}_A + \overline{RR}_M + \overline{RR}_F = 49 + 42 + 44 = 135 \text{ mm.}$$

En el caso de P_{12n} para abril sería:

$$(\bar{P}_{12A}) = \overline{RR}_A + \overline{RR}_M + \overline{RR}_F + \overline{RR}_E + \overline{RR}_D + \overline{RR}_N + \overline{RR}_O + \overline{RR}_S + \overline{RR}_A + \overline{RR}_J + \overline{RR}_J + \overline{RR}_M \text{ que es la precipitación media anual y que es constante para todos los meses.}$$

Los valores numéricos medios de las precipitaciones mensuales y de las precipitaciones acumuladas se dan en la tabla A y su representación gráfica en la Fig. 3.

En la gráfica los valores $\bar{P}_1, \bar{P}_2, \bar{P}_3, \bar{P}_6, \bar{P}_9$ y \bar{P}_{12} se representan con una escala apropiada para describir adecuadamente la variabilidad.

En todo caso resulta clara la influencia del cuatrimestre más seco (jun.-jul.-ago.-sep.) y la del cua-

drimestre más lluvioso (oct.-nov.-dic.-ene.), que se traduce en un mínimo absoluto en los meses de julio (\bar{P}_2), agosto (\bar{P}_2 y \bar{P}_3) y septiembre (\bar{P}_6 y \bar{P}_9), y en un máximo absoluto en los meses de octubre (\bar{P}_1), noviembre (\bar{P}_2), diciembre (\bar{P}_3), marzo (\bar{P}_6) y mayo (\bar{P}_9). Para \bar{P}_{12} resulta una recta horizontal y de las otras la más regular es \bar{P}_6 . En los demás casos hay máximos y mínimos relativos, siendo los más notables los debidos al mes de abril (\bar{P}_1, \bar{P}_2 y \bar{P}_3).

Como se ha visto anteriormente que $\bar{P}_{2,n} = \bar{P}_{1,n} + \bar{P}_{1,n-1}$; $\bar{P}_{3,n} = \bar{P}_{2,n-1} + \bar{P}_{1,n-2}$; $\bar{P}_{6,n} = \bar{P}_{3,n} + \bar{P}_{3,n-3}$; etc., los valores de $\bar{P}_{2,n}$ se obtienen fácilmente escribiendo en una cinta de papel los valores de $\bar{P}_{1,n}$, desplazándolos un intervalo hacia la derecha y sumándolos con los valores de $\bar{P}_{1,n}$ del cuadro. Y análogamente se obtiene $\bar{P}_{3,n}$ con $\bar{P}_{2,n}$ y $\bar{P}_{1,n-2}$, $\bar{P}_{6,n}$ con $\bar{P}_{3,n}$ y $\bar{P}_{3,n-3}$; $\bar{P}_{9,n}$ con $\bar{P}_{6,n}$ y $\bar{P}_{3,n-6}$ y, finalmente, $\bar{P}_{12,n}$ con $\bar{P}_{9,n}$ y $\bar{P}_{3,n-9}$. En cuanto a la gráfica, se dibuja fácilmente transcribiendo los valores de $\bar{P}_{1,n}$, procediendo de la misma forma que para la gráfica de la Fig. 2. Se advierte que en dicha gráfica se ha utilizado una escala para \bar{P}_1, \bar{P}_2 y \bar{P}_3 y otra escala (1/3 de la anterior) para \bar{P}_3 (que se repite), \bar{P}_6, \bar{P}_9 y \bar{P}_{12} .

Para valores de \bar{P}_k con $k > 12$, por ejemplo es $P_{15,n} = RR_n + RR_{n-1} + \dots + RR_{n-11} + R_{n-12} + R_{n-13} + R_{n-14} = R_{12,n} + RR_{n-12} + RR_{n-13} + RR_{n-14} + \bar{P}_{15,n} = \bar{P}_{12,n} + \bar{P}_{3,n-12}$ luego los nuevos valores medios de las precipitaciones acumuladas resultan de añadir a un valor fijo ($\bar{P}_{12,n}$) valores también fijos y ordenados (en este caso valores $\bar{P}_{3,n}$), y por tanto se trata de una función periódica de período $\bar{P}_{12,n}$ y el estudio de los valores medios $\bar{P}_{k,n}$ para $k > 12$ no es necesario.

TABLA A.—Serie Pluviométrica de Madrid-Retiro. (Período 1941-80.) Valores numéricos de las precipitaciones mensuales y de las precipitaciones acumuladas 2, 3, 6, 9 y 12 meses

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sepbre.	Octubre	Novbre.	Dicbre.	M _A	M _R	m _A	m _R
\bar{P}_1	44	43	42	49	42	28	12	13	35	51	50	49	O	Ab	Jl	Mr
\bar{P}_2	93	87	85	91	91	70	40	25	48	86	101	99	N	Ab/My	Ag	Mr
\bar{P}_3	143	136	129	134	133	119	82	53	60	99	136	150	D	Ab	Ag	Mr
\bar{P}_6	242	272	279	277	269	248	216	186	179	181	189	210	Mr		S	
\bar{P}_9	324	325	339	376	405	398	359	322	309	315	322	329	My	D	S	
\bar{P}_{12}	458	458	458	458	458	458	458	458	458	458	458	458				

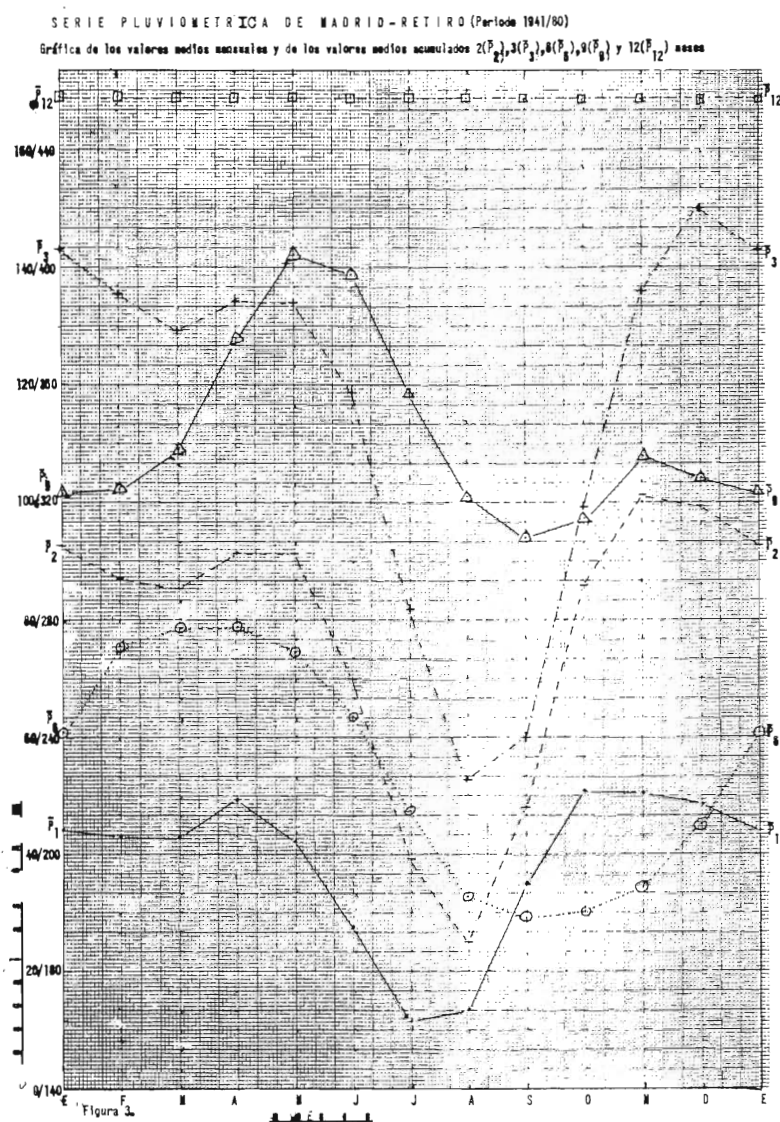


Figura 3.

d) Propiedades de la precipitación acumulada 12 meses

De los 6 índices definidos para representar el comportamiento pluviométrico de un mes (P_1 , P_2 , P_3 , P_6 , P_9 y P_{12}) es muy representativo P_{12} puesto que tiene el mismo valor medio ($\bar{P}_{12} = 458 \text{ mm.}$) para todos ellos.

Los valores máximos y mínimos para cada año se pueden presentar en cualquier mes. Así, en la gráfica de la evolución cronológica (Fig. 2) se puede ver que en 1978 hay un máximo absoluto en junio, un mínimo absoluto en enero y otro relativo en diciembre; en 1979 hay un máximo absoluto en enero y otro relativo en octubre, y un míni-

mo absoluto en junio; en 1980 hay un máximo absoluto en junio, otro relativo en agosto y mínimos absolutos en febrero y octubre y otro relativo en julio; en 1981 hay un máximo absoluto en abril y otro relativo en septiembre y mínimo absoluto en noviembre y otros relativos en marzo y en junio.

La pendiente de la quebrada P_{12} , da el comportamiento con respecto al año anterior, así en 1981 los meses de abril y diciembre fueron mucho más lluviosos que los de 1980.

3. Gráficos de la precipitación por meses

En los gráficos de la evolución cronológica de las precipitaciones mensuales acumuladas se da

una idea clara del comportamiento de la precipitación mensual, pero no es inmediato el comportamiento de un mes en relación con los mismos meses de otros años, por ello se ha ideado un tipo de gráfico en que se reúnen las precipitaciones de todos los meses iguales del período considerado.

Así, los datos incluidos en los nueve gráficos cronológicos del período 1940-81, se distribuyen en 12 gráficos, uno por cada mes del año, en los que se representan, a escala 1/2, por barras verticales y tramos diferentes, la precipitación del mes, la del mes anterior, la del mes precedente al anterior, y las de los tres trimestres precedentes (sucesivamente correspondientes a las sumas de los meses anteriores del 3.º al 5.º, del 6.º al 8.º y del 9.º al 11.º) con lo que en cada barra vertical aparecen las mismas ordenadas de las seis curvas de las gráficas cronológicas (precipitación mensual, y acumuladas, 2, 3, 6, 9 y 12 meses).

Para construir la gráfica se usa una hoja de papel milimetrado de 40 × 28 cm. En el lado menor se transcriben los años a intervalos de 0,5 cm. y en grupos de 5 años consecutivos. Al final se incluye una barra M con los valores medios (período 1941-80) de un mes, 2 y 3 meses acumulados, y de los tres trimestres anteriores y sucesivos. En el otro lado se toman las precipitaciones a escala 1/2 y para la transcripción de los datos se usa la misma cinta utilizada en el párrafo 2, y se coloca el borde de la cinta con el mes (en este caso enero) sobre el eje y coincidiendo con el año, y se marcan, en la ordenada correspondiente, los puntos del mes, de los 2 meses, 3, 6, 9 y 12 meses anteriores (en este caso los puntos de enero, diciembre, noviembre, agosto, mayo y febrero), y se repite la operación para todos los meses de enero de años sucesivos. En la figura 4 se da la gráfica correspondiente a los meses de enero (con una reducción de 0,62).

Con estos gráficos resulta evidente el comportamiento pluviométrico de un mes concreto en comparación con los mismos meses de los otros años del período considerado, tanto con referencia a la precipitación mensual como a las precipitaciones acumuladas, 2, 3, 6, 9 y 12 meses. En particular se pueden determinar:

a) los años a que corresponden los valores extremos de P_1 , P_2 , P_3 , P_6 , P_9 y P_{12} . Para los me-

ses de enero las máximas $(P_{kn})_M$ y mínimos $(P_{kw})_m$ son: $(P_1)_m = 1970$; $(P_2)_m = 1944$; \dots ; $(P_9)_n = 1974$; $(P_9)_m = 1949$; $(P_{12})_m = 1948$; $(P_{12})_n = 1949$.

b) en el caso de las precipitaciones acumuladas se indica cuál es la contribución de cada uno de los intervalos. Así p. ej., el $(P_{12}) = 1948$ empieza con un enero relativamente lluvioso, diciembre y noviembre son relativamente secos, el trimestre oc-se-ag es menos lluvioso, tiene un 160 % del valor normal, los trimestres jl, ju, y my, y ab, mr y fe son excepcionalmente lluviosos (180 % y 220 % de los valores normales respectivos). Los porcentajes se obtienen comparando en el gráfico las longitudes respectivas con las normales.

4. Gráficos de las series ordenadas

Su objeto consiste en dado un valor de P_{kn} referente a un mes, poder saber cuántos y qué años han sido más secos o más lluviosos. Numéricamente es un proceso de obtener las series ordenadas correspondientes, para cada mes, hay seis series (P_1 , P_2 , P_3 , P_6 , P_9 y P_{12}) y un período considerado (40 años) sería ordenar $6 \times 12 = 72$ series cada una de 40 años (Fig. 5).

Se usa una hoja de papel milimetrado de tamaño 40 × 28, para cada mes se trazan 6 líneas paralelas al lado de 40 cm a intervalos de 1,5 cm, que corresponden a P_1 , P_2 , P_3 , P_6 , P_9 y P_{12} . El origen se sitúa a la derecha del gráfico y en cada caso se transcribe sobre la línea el valor de P_k , en la escala correspondiente, y se pone el número de las decenas del año. Para evitar la excesiva acumulación de valores de P_k que resultan muy próximos entre sí se han usado tres artificios: 1. En la parte inferior de cada línea se transcriben los datos correspondientes a los años del período 1940-1959 y en la parte superior los de los años 1960-81. 2. Para las precipitaciones P_6 , P_9 y P_{12} se usa la escala 1/2 (que es la misma de los gráficos cronológicos y mensuales) se utiliza la misma cinta y se transcriben los tres valores simultáneamente, colocando la cinta debajo de la recta de P_6 poniendo la raya

SERIE PLUVIOMETRICA DE MADRID-REIRO: GRAFICA COMPARATIVA DE LOS MESES DE ENERO (Período 1940/82)

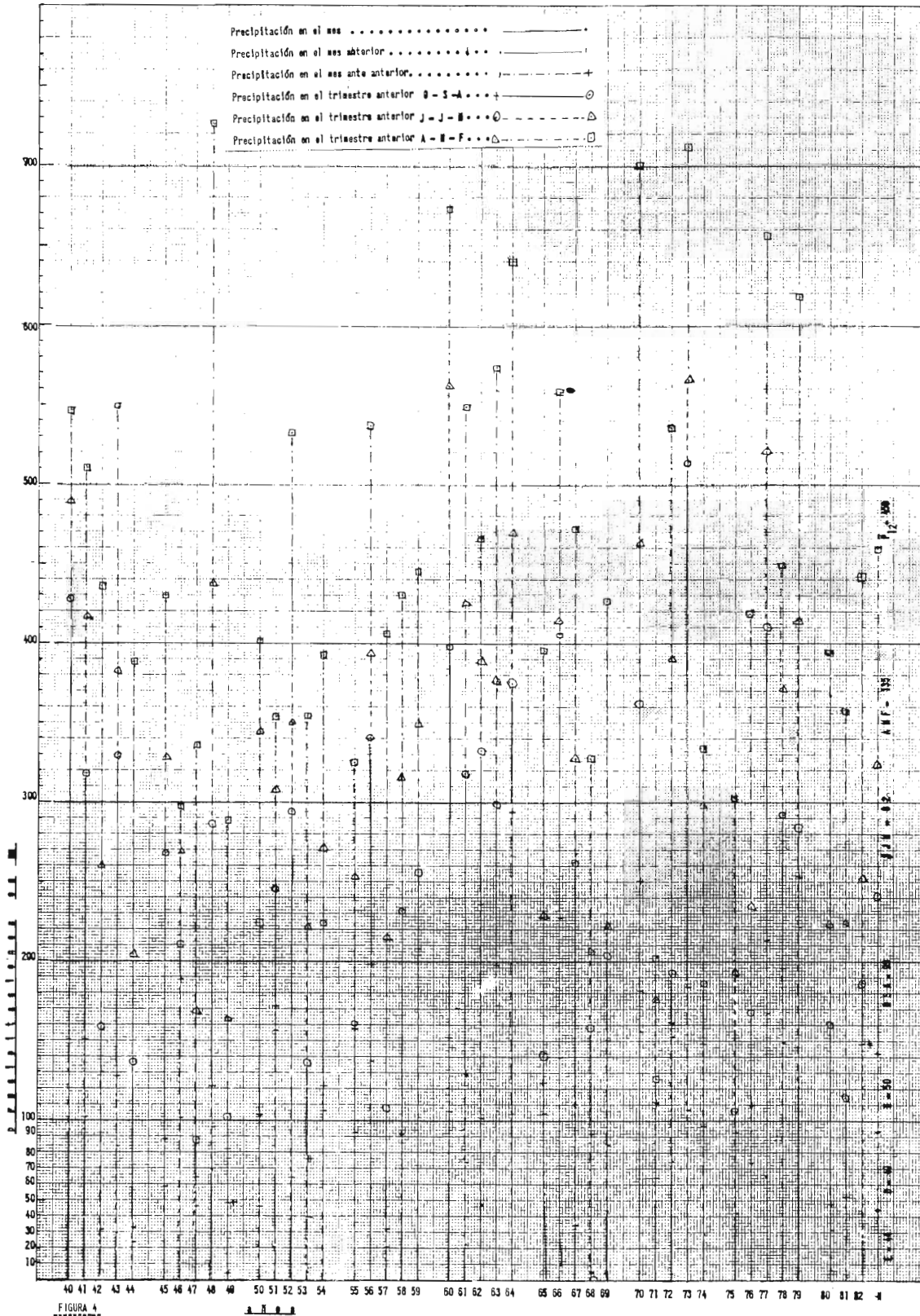


Figura 4.

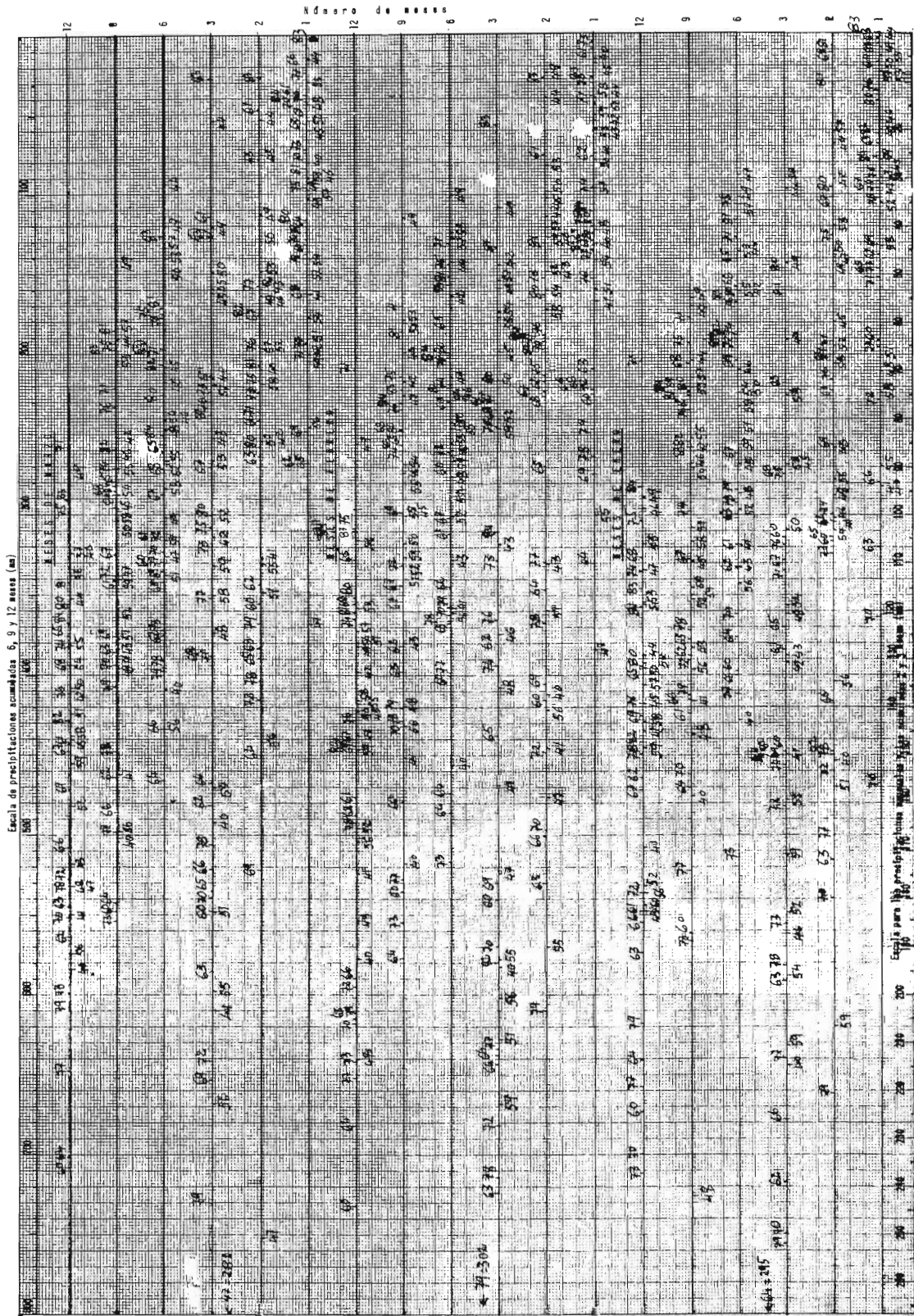


Figura 5.

derecha del mes en el origen y buscando sobre la cinta los valores de P_k correspondientes (así para enero en el origen, P_6 corresponde en la cinta a julio, P_9 a abril y P_{12} a febrero). 3. Para precipitaciones P_1 , P_2 y P_3 se ha construido una nueva cinta a escala 1,5. Se coloca la cinta debajo de la recta de P_1 y se transcriben los valores de P_1 , P_2 y P_3 en las rectas correspondientes y agrupados en los dos períodos especificados anteriormente. 4. En los meses de verano en que hay años con $P_1 = 0$ o incluso $P_2 = 0$, los años correspondientes se escriben a la izquierda.

Así en la tabla siguiente se da el número de años igual de secos o más secos que hay en el período 40/82 para los meses de enero, febrero y marzo de los años 1978, 79, 80, 81 y 82.

Un mes se puede representar por los siete números $N_1N_2N_3N_6N_9N_{12}S$ o en forma más reducida por S . El mes de marzo de 1982 se representa por 7, 13, 12, 10, 10, 19, 71 y el de 1979 por 24, 33, 43, 32, 39, 209, el primero es un mes seco y el segundo un mes lluvioso.

Serie Pluviométrica de Madrid-Retiro. Número de años igual de secos o más secos para las precipitaciones mensuales (N_1) y acumuladas (N_2, N_3, N_6, N_9 y N_{12}). Período 1940-82.

	1978			1979			1980			1981		
	ENE.	FEB.	MAR.	ENE.	FEB.	MAR.	ENE.	FEB.	MAR.	ENE.	FEB.	MAR.
N_1	24	39	28	42	38	24	11	20	24	4	23	17
N_2	34	31	36	43	43	33	6	15	26	1	11	17
N_3	34	41	31	42	43	43	4	10	17	5	2	8
N_6	33	36	36	31	33	38	11	10	13	5	7	6
N_9	27	34	33	33	33	32	10	11	17	11	4	3
N_{12}	24	28	32	28	36	39	13	7	9	11	10	7
S	176	209	196	229	226	209	55	73	106	37	57	58

5. Obtención de la media cuatrienal móvil

Se trata de obtener, cada mes, el valor medio de la precipitación en los cuatro años precedentes, con lo que se "alisa" notablemente la serie, la gráfica abarca el período 1956-84.

Para cada mes se considera el trozo de cinta que corresponde a los cuatro años anteriores (para el mes de enero de 1960 al trozo comprendido entre el final de enero de 1960 y el principio de febrero de 1956), doblándolo dos veces por la mitad se obtienen la media cuatrienal que se marca en la misma cinta, con ella se puede hacer la transcripción directa a la gráfica de la evolución cronológica.

En la figura 6 se da la gráfica del período 1960-1984, como abcisas se toman los meses y los años y como ordenadas la precipitación en mm (con la escala indicada). En las abcisas hay cabida para 6 años y 9 meses por lo que en la gráfica tenemos cuatro períodos que son 1960-sept. 1967; 1967-sept. 1972; 1972-sept. 1978, y 1978-sept. 1984, que se solapan al final de los períodos, y se dibujan los dos primeros períodos en la parte superior de la figura y los dos últimos en la parte inferior.

Además se han trazado en cada figura las líneas horizontales que corresponden a 400 y 500 mm y la que corresponde al *valor medio* que es de 476 mm, las líneas verticales separan los años que corresponden a cada pareja en los dos períodos representados.

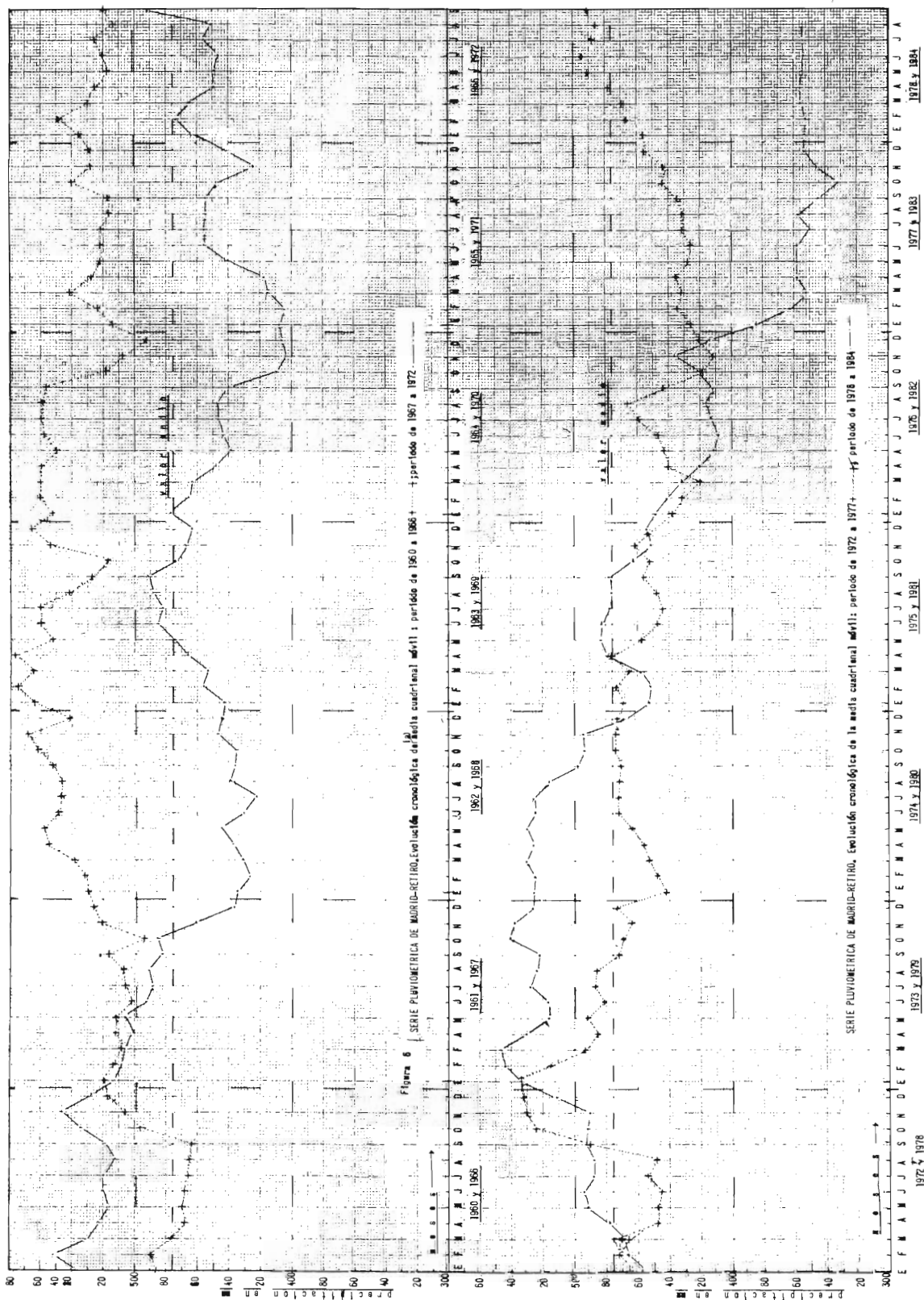


Figura 6.