



MINISTERIO DEL AIRE
SUBSECRETARIA DE AVIACION CIVIL

SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL

Publicaciones

Serie A (Memorias) núm. 40

**PERSISTENCIA DE LOS DIAS CON PRECIPITACION
Y SIN PRECIPITACION EN GIJON
(COSTA CANTABRICA DE ESPAÑA)**

Por el Meteorólogo

Pedro MATEO GONZALEZ

Jefe del Observatorio Meteorológico de Gijón



**OFICINA CENTRAL
MADRID, 1964**

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA

ESTADÍSTICA DE LAS Lluvias CON PRECIPITACION

EN EL TERRITORIO EN CHON

AGENCIA ESTADÍSTICA DE ESPAÑA

Por el Meteorólogo

Pedro MAYO GONZALEZ

de la Observación Meteorológica de Gijón



AGENCIA CENTRAL

MADRID, 1964

1. — RESUMEN

Conocido es el fenómeno de la inercia del tiempo meteorológico, o sea, su resistencia a cambiar, de tal suerte que cualquier observación meteorológica no puede considerarse, en general, desligada de las que le preceden y siguen. Por tanto, un conjunto de observaciones de este tipo poseen entre ellas una cierta ligazón, tanto más evidente cuanto mayor es su proximidad temporal. Se pretende, en este trabajo, hacer patente esta circunstancia en el estudio de los días con precipitación y de los días sin precipitación en Gijón, con observaciones realizadas a lo largo de veinte años.

Con aquellos datos se establece, en primer lugar, la probabilidad estimada de día de precipitación, y de día de precipitación precedido por día de precipitación, con objeto de mostrar la persistencia del día de precipitación. Una medida de esta persistencia la facilita el coeficiente de Besson, el cual se aplica a este caso particular. La energía de tal persistencia se pone de manifiesto mediante la razón de persistencia, que es la duración media de las permanencias observadas partida por la duración media esperada en el fenómeno aleatorio de la misma probabilidad. El valor esperado para dicha razón, de no haber persistencia, es uno, con un margen de error admisible y atribuible al azar (al nivel 95 por 100), debido a que el cálculo se efectúa con una muestra. Ahora bien, la discrepancia respecto a uno, de la razón de persistencia calculada, sobrepasa ampliamente el margen de confianza tolerable, de modo que se hace así evidente la persistencia del día de precipitación. De esta manera se hace patente, además de dar una evaluación del mismo, el conocido fenómeno de las llamadas precipitaciones de detención o estancamiento al norte de la cordillera Cantábrica, fenómeno originado por condiciones de tipo geográfico.

Se estudia la distribución de frecuencias de las permanencias de n días de precipitación, comparando la distribución teórica calculada, en el supuesto de que no hubiese persistencia, con la distribución de las frecuencias procedentes de la observación. Se advierten las discrepancias que entre ambas distribuciones introduce la persistencia. Esta misma persistencia se manifiesta, también, en las probabilidades estimadas de día de precipitación después de n días de precipitación, las cuales presentan una cierta organización, a saber: la probabilidad de día de precipitación, en general, es creciente hasta el séptimo día en que cae bruscamente; de nuevo vuelve a ser creciente a partir del séptimo día, con otra caída brusca de la probabilidad al doceavo día. Esta organización

del fenómeno hace pensar en el sabido ritmo groseramente semanal del tiempo atmosférico.

Un estudio semejante al que antes se ha señalado para los días de precipitación se repite para los días sin precipitación y su persistencia, igualmente manifiesta. En contra de lo ocurrido en el primer estudio, la variación de la persistencia de día sin precipitación después de n días sin precipitación, no tiende a organizarse como se señaló para la persistencia de día de precipitación.

2.—PERSISTENCIA DE LOS DIAS CON PRECIPITACION

2.1.—Observaciones efectuadas en Gijón de los períodos de días de precipitación durante veinte años.

Se entiende por día de precipitación al período de veinticuatro horas, durante el cual se ha recogido precipitación en forma apreciable, o sea, igual o superior a 0,1 mm. Cuando hay n días sucesivos de precipitación, precedidos y seguidos por día sin precipitación apreciable, decimos que constituye una *permanencia* de n días de precipitación.

En el cuadro núm. 1 figuran las permanencias de días de precipitación observadas mensualmente en Gijón durante veinte años. Aquellos números que, en el cuadro, aparecen al final de un mes seguidos por el signo + (más) en correspondencia con el número inicial del mes siguiente, que aparece precedido por el mismo signo, se refieren a días pertenecientes a la misma permanencia, la cual comprende, por consiguiente, días de dos meses consecutivos. Este cuadro núm. 1 incluye todos los datos utilizados en el presente trabajo para los días de precipitación.

Hasta el mes de septiembre de 1943, el término día de precipitación se refiere a las veinticuatro horas comprendidas entre las dieciocho horas TMG del día de que se trate y las dieciocho horas del día anterior. A partir de octubre de 1943, y hasta el final, el mismo término día de precipitación se refiere a las veinticuatro horas comprendidas entre la una hora TMG del día considerado y la una hora del día siguiente. De esta forma figuran los datos citados en el archivo climatológico del Observatorio Meteorológico de Gijón. No es posible reducir los primeros datos a la forma que tienen los segundos, o viceversa, porque hasta el citado mes de octubre de 1963 no estuvo en servicio en el Observatorio ningún registrador de precipitaciones. Parece aceptable la hipótesis de que ambas tandas de datos puedan manejarse como pertenecientes a la misma población estadística. No obstante, se sometió tal hipótesis a la prueba de las χ^2 de Pearson.

Para ello las frecuencias de las permanencias de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 ó más días, de precipitación de la segunda tanda, que comprende quince años, divididas entre tres, se consideraron como esperadas y se compararon con las observadas en la primera tanda de cinco años. Se obtuvo para χ^2 , corregido por discontinuidad, el valor 12,73, con 8 grados de libertad, el cual es inferior al correspondiente al nivel 10

CUADRO NÚM. 1.—Períodos de días con precipitación apreciable (igual o mayor que 0,1 mm.), en Gijón, durante veinte años.

AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1938	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5-2- 10-	1-1-7- 5+	+2-7- 5-7-3-
1939	5-4-7- 3-1	2-3-7- 2-3	+1-1-1- 13	4-2-2- 5+	+3-6- 4	1-2-3- 5	1-1-1- 2-2	2-1-1- 3-2	1-1-1-3- 1	2-1-2-1- 3-1-5-1	1-3-1- 1-1	1-2-6-1- 1-6-1+
1940	+6-2- 8-1-1-3+	+10-1- 2-3	1-1-1-4- 1	1-1-2-1- 4-1-2+	+4-3- 3-4	1-3-1- 1-2	1-2-3- 4-3	1-1	1-1-2- 4	3-2-1-1- 2-2-4	1-3-3- 1-5-1	4-1-3- 3
1941	6-3-6- 3-1-4+	+4-1- 10	3-3-3- 3-1-5+	+1-5-2- 1-3-1	1-2-5- 4-9+	+2-5- 2-1-1	1-4-1- 1-1+	+3-2-1- 1-1-3-2-1	2-1-2	1-1-3+	+5-1-1- 2-1-3+	+3-3- 3
1942	7-1-4- 1-8+	+1-4- 5+	+7-1-1- 1-3-2-3	2-3-1-1- 1-3-3-3	6-1-2	4-4	2-2-1-1- 1-1-2	1-1-2-1- 2	1-3-1-2- 6	1-2-1- 3-2	2-1-1- 3	12-1- 3+
1943	+16-1- 1	4-4-3- 3	2-1-1	4-1	7-1	1-1-2-1	4-4-1	2-2-3- 1	1-1-4-2- 2-10+	+1-2- 11-1+	+1-1-2- 9-7-1	4-4-11- 2
1944	1-2	2-3-14- 2+	+3-2- 1-1	2-4-1- 5-1	3-1-3-1- 2	1-1-1-1-1- 1-3-1	2-4-1- 4-1	2-1-3- 4-1-1	1-2-5- 2-4	1-14- 6-5+	+3-3- 3-1-3-1	2-8-6- 1-2-1+
1945	+1-11-2- 9	2-1	1-1-3-2	2-2-1- 7-1+	+1-2-1- 5-6-3	2-2-3- 2-2	1-1-2-1- 1-3	4-2-7- 5	2-1-2-1- 1-2	1-5	1-6-2- 1	2-2-3- 6-2
1946	1-1-3-3- 3-1	2-1-3- 3	3-3-7- 3-3	4-2-3- 8+	+1-5- 5-2-8+	+1-2- 2	2-1	1-1-1-4- 1-1-2+	+5-3- 1-1-5	3-6-2	4-5-1- 3-3	12-4- 6-1+
1947	+1-1-6- 1-1-3-4	6-4-9- 2	1-1-3-2- 2-2-4-4+	+2-1-1-1- 1-1-1+	+2-2-3- 4-1-1-2-1	2-3-2- 5	1-1-2- 1-1	1-4-1-2- 1+	+5-1-1- 5	2-1-1-4- 1-1	1-3-7- 1-1	+3-1-2- 2-2-1-3
1948	4-3-9- 5-1	2-1-3- 1	3+	+1-3-1-3- 2-4-2+	+2-1-1-2- 5-5-1	1-2-2-3- 1	2-1-2	1-1-4-1- 5-2	3-2-1-1- 3	1-1-5- 2-3	5-1	2-1-2-1- 2-5+
1949	+6-6	1-5-2- 1	1-4-3- 1-1-1-1+	+1-6- 4-2+	+1-3-1- 2-4-3+	+2-1-2	3-2-1	1-1-3- 1-2-1	1-6-1- 5-2-1+	+2-3- 1-1-1-1-1	5-1-11	3-6- 2-2-2
1950	1-2-1-1- 1-1	1-6-1- 2-1-5+	+1-6- 2-2	2-2-4- 3-2-3	2-2-8- 3-2	2-7-4- 1	1-1-1- 1-1-1	1-1-1-1-2- 1-2-3+	+2-1-2- 1-2-2-3-2	2-4-8	2-1-6-1- 2-6-1	31+
1951	+3-1-1- 6-10+	+1-7-1- 3-2-5	3-3-1- 4-2-4	1-7-6- 2	10-3-8	2-3-1- 2-4	1-1-1-3- 1-2+	+3-2- 3-2-2-1-1	1-1-3-1- 1-3+	3-5-7- 1-3+	+6-1-4- 1-4-2	2-2-2- 6-1+
1952	+6-5- 13-3+	+1-3- 2-7	2-2-5- 3-1+	+3-1- 6-4-1-1+	+1-3-3- 1-2+	+1-1-2- 6-1	3-1-1-1	1-1-1-3- 3	2-1-8-1- 1-1-6+	+1-1-6- 1-1-1-4	2-2-2-7- 3-3+	+3-6-3- 1-4+
1953	+8-1- 1-1+	+1-9- 1-1	1+	+1-1-2- 1-2-3-4	2-2-1-1- 1-1+	+8-1- 5-1-3+	+4-3-1- 1-1-2-2	2-4-1-2	2-1-5-1- 2-2	8-7-1-4+	+5-2- 4	1-1-1-1- 5+
1954	+8-2- 2-7+	+16-3- 1-2+	+5-3- 1-1-2-3-2	4-1-4	5-1-6	2-1-1-2- 1-4-1-3	1-3-1-1-1	1-1-1-2- 10-2-1+	+1-4-1- 1-2-2-2	3-2-4- 1-2	5-1-1-1- 1-5+	+1-3-2- 1-2
1955	2-9-6- 2-1-1	2-2-3- 6-4	6-2-2	1-1-4-1	4-5-3	1-3-3- 2-3	2-3-4- 1	2-3+	+3-1- 5-2-2	2-2-1- 5-2+	+9-2- 1-1	2-6- 6-2+
1956	+3-2- 6-1-4-3+	+3-2- 4-1-3	1-1-3- 3-2	1-3-5- 5-6	1-2-6- 2	6-1-2- 1+	+1-1-2- 3-1-1	1-1-2-2- 2-1-2-7+	+2-2-+ 1-2	3-1-1- 7+	+4-9- 2-3-3	1-1-2-1- 8
1957	2-1-6- 3-1	1-3-7- 1	3-7-1- 1+	+1-1-2- 2-8	2-3-2- 1-8	3-7-3- 3-2+	+1-1-1-5- 4-2-1	3-1-1-2	3-2-3- 3-1-1+	+2-2-2- 1-2+	+1-1-5- 3	10-1-3- 2-1+
1958	+2-1-1- 6-1-2-2	2-2-2- 4+	+2-5- 1-6-1-3-3	4-2-8-1 1	4-4-2- 9+	+3-2-1- 1-2-2-4-2	2-1-1-1	1-1-1-5- 4	1-1-1-1- 2-2	-	-	-
Días de precipitación	343	281	245	269	287	222	169	217	245	262	275	328
Id. precedidos por día de precipitación	255	209	154	171	203	131	74	111	139	171	188	236
Días observados.	620	565	620	600	620	600	620	620	600	620	600	620

TOTALES } Días de precipitación 3143
 Id. id precedidos de día de precipitación 2042
 Id. observados 7305

por 100 (1). Esto nos indica que la hipótesis es aceptable, o sea, que las diferencias están dentro de las que cabe esperar en la distribución de frecuencias de dos muestras de la misma población estadística. En consecuencia, los datos contenidos en el cuadro núm. 1 son tratados como procedentes de un colectivo único.

Al final del citado cuadro figuran, mensualmente, los días de precipitación, los días de precipitación precedidos de día de precipitación, así como los días totales observados. Por último, se resumen los totales de los días de las anteriores condiciones en todo el período de los veinte años.

2.2.—Probabilidad de día de precipitación, y de día de precipitación después del día de precipitación.

Se estima como probabilidad, p , de día de precipitación en todo el período considerado de veinte años, al cociente de los días de precipitación habidos, 3.143, partidos por el número total de días observados, 7.305; el valor de p es 0,430. Del mismo modo, se estima como probabilidad, p' , de día de precipitación precedido por día de precipitación, al cociente de los días de este tipo, 2.042, partidos por los días de precipitación, 3.143; el valor de p' es de 0,650.

Tomando los mismos datos para cada uno de los meses, se obtienen estimaciones mensuales de p y p' . Todos los resultados figuran en el cuadro núm. 2. En este cuadro se aprecia que cualquier valor de p' es ma-

CUADRO NÚM. 2.—Probabilidades estimadas mensuales y totales de día de precipitación, p , y de día de precipitación precedido de día de precipitación, p' , en Gijón, con observaciones de veinte años.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
p	0,553	0,497	0,395	0,448	0,463	0,370
p'	0,743	0,744	0,629	0,636	0,707	0,590
Julio	Agosto	Septbre.	Octubre	Novbre.	Dicbre.	TOTAL
0,273	0,350	0,408	0,423	0,458	0,529	0,430
0,438	0,512	0,567	0,653	0,684	0,720	0,650

yor que el valor de p correspondiente, lo cual es una consecuencia de la persistencia del día de precipitación. Una representación de los números contenidos en el citado cuadro núm. 2, se hace en la figura 1.

(1) FISHER, R. A. y YATES, F. *Statistical tables for biological, agricultural and medical research*. London y Edimburgh, 1948. Tabla IV.

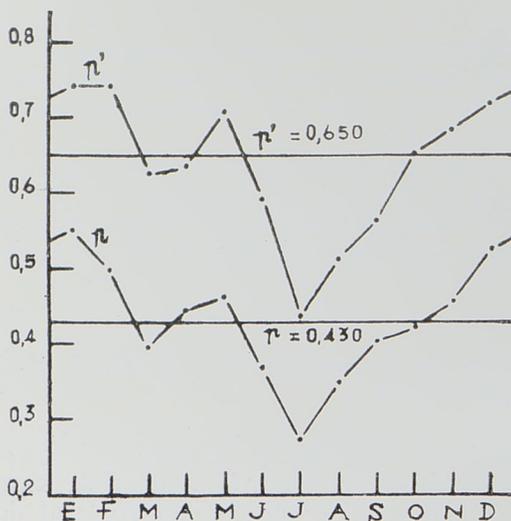


Figura 1.—Probabilidades estimadas, mensuales y totales, de día de precipitación (p), y de día de precipitación precedido de día de precipitación (p'), en Gijón, con observaciones de veinte años.

Del examen de la figura 1, se desprende la analogía en la variación de p y p' en el transcurso del año, así como en la posición de los máximos y mínimos de ambos valores. El mínimo absoluto para p y p' ocurre en julio, en correspondencia con el mínimo absoluto de precipitación media mensual (fig. 2); además, hay un mínimo secundario de p y p' en marzo, también en correspondencia con un mínimo secundario de precipitación media mensual. El máximo absoluto de p ocurre en enero y el de p' en enero-febrero, con retraso respecto a la posición del máximo de precipitación media mensual, que ocurre en diciembre; en cambio, hay coincidencia en la posición en mayo, de un máximo secundario de p , p' y precipitación media mensual. Puede admitirse, en general, que la variación, tanto de p como de p' , transcurre en el año en correspondencia con la de la precipitación media mensual, como una consecuencia de la regularidad de las precipitaciones en Gijón.

2.3.—Medida de la persistencia de día de precipitación.

Como medida de la persistencia, se utilizará el coeficiente de Beson, R_B , cuyo valor es:

$$R_B = \frac{1 - p}{1 - p'}$$

donde p y p' tienen el significado señalado en párrafo anterior.

En el cuadro núm. 3 se expresan los valores hallados para R_B , en Gijón, tanto para todo el período de los veinte años, como mensual-

mente. Estos valores de R_B han sido calculados con las estimaciones de p y p' que aparecen en el cuadro núm. 2.

CUADRO NÚM. 3.—Valores mensuales y total del coeficiente de persistencia de Besson para día de precipitación en Gijón, con observaciones de veinte años.

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	
0,74	0,97	0,63	0,52	0,83	0,54	
Julio	Agosto	Septbre.	Octubre	Novbre.	Dicbre.	TOTAL
0,29	0,33	0,37	0,66	0,72	0,68	0,63

En la figura 2 se hace una representación de los valores comprendidos en el citado cuadro núm. 3, comparativamente con las precipita-

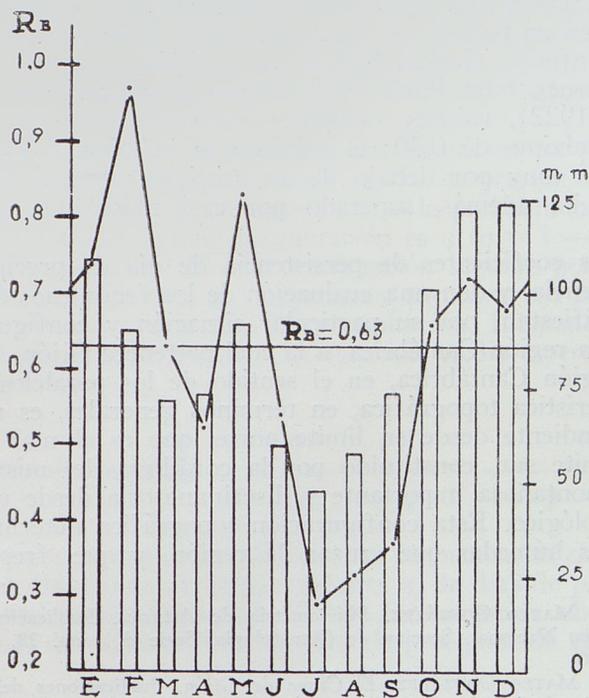


Figura 2.—Valores total y mensuales de R_B para la persistencia de día de precipitación (veinte años), comparados con la precipitación media mensual (treinta años), en Gijón.

ciones medias mensuales de treinta años, en Gijón (2). El examen de dicha figura denota, para el coeficiente de persistencia: un mínimo absoluto en julio, en correspondencia con el mínimo absoluto de precipitación media mensual; un mínimo secundario en abril, con algún retraso respecto al mínimo secundario de precipitación que es en marzo; un máximo absoluto en febrero, retrasado respecto al máximo absoluto de precipitación, que es en diciembre; un máximo secundario en mayo, en coincidencia con el máximo secundario de precipitación media mensual. La única discrepancia importante se nota en la posición de los máximos absolutos. Además, hemos de tener en cuenta que las muestras estadísticas empleadas en el cálculo de los coeficientes de persistencia y en el cálculo de las precipitaciones medias mensuales, no coinciden ni en su extensión ni en su cronología. Por lo tanto, podemos admitir, en primera aproximación, una variación análoga, a lo largo del año, de la cantidad de precipitación recogida y de la persistencia de día de precipitación, en conexión con la escasa oscilación entre los valores mensuales de la precipitación media por día de precipitación observados en Gijón. Dichos valores se encuentran entre 5,3 y 8,1 milímetros por día de precipitación (3).

Con objeto de dar una idea relativa de los coeficientes de persistencia hallados para Gijón, se comparan con algunos, citados en la obra de referencia (4). Para Kew (Inglaterra), se obtuvo para dicho coeficiente, en un período de diez años (1901-1910), el valor 0,30, que no sólo es inferior al total hallado para Gijón, sino del orden de su mínimo mensual. Para París se obtuvieron, en un período de cincuenta años (1873-1922), valores mensuales, oscilando entre un máximo de 0,49 y un mínimo de 0,30; el máximo es inferior al valor total de Gijón y está muy por debajo de su máximo mensual (0,97, de febrero), siendo, además, superado por casi todos sus valores mensuales.

Los altos coeficientes de persistencia de día de precipitación son una consecuencia, y dan una evaluación de los fenómenos de detención que se manifiestan, por su particular situación y configuración geográfica, en la región Cantábrica, a la cual pertenece Gijón. Se extiende, la citada región Cantábrica, en el sentido de los paralelos y su principal característica topográfica, en términos generales, es una abrupta y rápida pendiente desde su límite norte, que es el mar Cantábrico, hasta su límite sur, constituido por la cordillera del mismo nombre, alineación montañosa importante y discriminatoria desde un punto de vista climatológico. Esta configuración topográfica determina que las masas aéreas húmedas que cruzan la región, y que, frecuentemente,

(2) PEDRO MATEO GONZÁLEZ. *Pluviometría de Asturias*. Publicaciones del Servicio Meteorológico Nacional. Sección de Climatología. Serie A, núm. 28. Madrid, 1956. Páginas 28 y 40.

(3) PEDRO MATEO GONZÁLEZ. *El Clima de Gijón*. Publicaciones del Servicio Meteorológico Nacional. Sección de Climatología. Serie A, núm. 25. Madrid, 1955. Pág. 68.

(4) BROOKS, C. E. P. y CARRUTHERS, N. *Handbook of statistical methods in Meteorology*. London, 1953. Pág. 310.

tienen una componente norte, sufran en conjunto una elevación forzada y se encuentren en su marcha hacia el sur con el obstáculo de la cordillera, con la consecuencia de que se manifiesten fenómenos de detención. De este modo se produce, además de una intensificación de las precipitaciones, la persistencia de las mismas. Precipitaciones de frente frío, del tipo de chubascos, toman un carácter continuo, marcándose únicamente, los citados chubascos, por fluctuaciones de intensidad en la precipitación. Como consecuencia, ciertos regímenes frecuentes de precipitaciones, además de alcanzar altos valores en las cantidades recogidas, subsisten tenazmente y justifican los altos valores hallados para los coeficientes de persistencia de día de precipitación en Gijón (5).

2.4.—Razón de persistencia observada, comparada con la esperada en el mismo fenómeno supuesto regido por leyes del azar.

Como ya se ha señalado en 2.1., denominamos permanencia de n días de precipitación, al período de n días consecutivos, en todos los cuales se ha observado precipitación apreciable (o sea, igual o mayor que 0,1 mm.), precedido y seguido tal período por día sin precipitación apreciable. Se llama *razón de persistencia* (6), al cociente de la duración media de las permanencias observadas, partida por la duración media esperada en un suceso de la misma probabilidad, p , regido por las leyes del azar.

La duración media de las permanencias esperadas en el fenómeno aleatorio es el cociente del número total de días de precipitación partido por el número de permanencias esperadas. Si la probabilidad de día de precipitación es p y de día sin precipitación es q ($q = 1 - p$), la probabilidad de encontrar un día sin precipitación seguido por un día, al menos, de precipitación es $q p$, y esperamos encontrar en N días, $N q p$ permanencias de uno o más días de precipitación. Llamando n al número total de días de precipitación, la duración media esperada para las permanencias vale:

$$\text{Duración media esperada} = \frac{n}{N q p} = \frac{1}{q} = \frac{1}{1 - p}.$$

Por otra parte, la duración media de las permanencias observadas se puede obtener dividiendo el mismo número, n , de días de precipitación, por las permanencias observadas. Estas permanencias observadas se hallan restando del número total de días de precipitación el número de

(5) Obras citadas en (2), págs. 5 y sigs., y en (3), págs. 7, 8 y 66.

(6) Obra citada en (4), pág. 314.

días de precipitación precedidos por día de precipitación, n' , y se obtiene:

$$\text{Duración media observada} = \frac{n}{n - n'} = \frac{1}{1 - \frac{n'}{n}} = \frac{1}{1 - p'}$$

puesto que $\frac{n'}{n}$ es la probabilidad de día de precipitación después de día de precipitación.

Así, la razón de persistencia vale $\frac{1 - p}{1 - p'}$, que se relaciona con el coeficiente de Besson fácilmente,

$$\text{Razón de persistencia} = \frac{1 - p}{1 - p'} = 1 + \text{RB.}$$

La razón de persistencia obtenida para Gijón, para el período de los veinte años considerados, vale 1,63. Si el fenómeno estuviese regido por las leyes de azar, o sea, si no hubiese persistencia, era de esperar, como razón de persistencia, el valor 1, con un cierto margen de error, por ser obtenido dicho valor de una muestra de la población estadística. Se examina, a continuación, este margen de error.

El error típico de p , en la muestra considerada, vale $\sigma_p = \sqrt{\frac{pq}{N}}$ y

es de esperar que en el 95 por 100 de las ocasiones se obtendrá, para valor de la razón de persistencia, en el fenómeno aleatorio,

$$\text{Razón de persistencia} = \frac{1 - p}{1 - p \pm 1,96 \sigma_p} = \frac{1}{1 \pm 1,96 \sqrt{\frac{p}{Nq}}}$$

con $p = 0,430$; $q = 0,570$; $N = 7.305$.

En nuestro caso se esperaba encontrar para la razón de persistencia, de no haber persistencia, el valor $1 \pm 0,02$ al nivel dicho del 95 por 100. El valor obtenido para la razón de persistencia en Gijón, el citado 1,63, cae ampliamente fuera del margen de confianza señalado. Si se quiere forzar el margen de confianza a $1 \pm 0,04$, es preciso elevar el nivel de probabilidad al 999,9 por 1.000. Se hace, pues, indudable la presencia de la persistencia en los días de precipitación en Gijón.

2.5.—Frecuencias de las permanencias de días de precipitación.

Como ya se ha citado en 2.2, la probabilidad estimada de día de precipitación apreciable, en el período de los veinte años considerados, vale $p = 0,430$, y la probabilidad estimada de día sin precipitación apreciable, en el mismo período, vale $q = 0,570$ ($q = 1 - p$). Si suponemos que no hay persistencia, la probabilidad de permanencia de un día de precipitación, o sea, de que se encuentre un día de precipitación precedido y seguido por día sin precipitación, es $q^2 p$ y en N días se esperan $Nq^2 p$ permanencias del citado tipo. En este caso, si el fenómeno fuese aleatorio, se esperarían en los 7.305 días que abarcan los veinte años estudiados:

$$7.305 \times 0,570^2 \times 0,430 = 1.021 \text{ permanencias de un día.}$$

Por la misma razón y en las mismas condiciones se esperan $Nq^2 p^2$ permanencias de dos días de precipitación, que en este caso son:

$$7.305 \times 0,570^2 \times 0,430^2 = 439 \text{ permanencias de dos días.}$$

Siguiendo el mismo procedimiento se calculan las permanencias de tres, cuatro, cinco, ..., n días de precipitación. En general se esperan $Nq^2 p^n$ permanencias de n días de precipitación. En este caso son:

$$7.305 \times 0,570^2 \times 0,430^n \text{ permanencias de } n \text{ días.}$$

Las permanencias calculadas de este modo, o sea sin persistencia, y las observadas, ambas en el período de los veinte años de que se trata, son las que aparecen el cuadro núm. 4.

CUADRO NÚM. 4.—Permanencias de n días de precipitación, en Gijón, durante veinte años.

Días de las permanencias, n	1	2	3	4	5	6	7
Frecuencias ...	Calculadas						
	sin persistencia	1.021	439	189	81	35	15
	Observadas	411	260	156	80	51	56
	8	9	10	11	12	13	14
	2,8	1,2	0,51	0,22	0,09	0,04	0,02
	16	13	6	10	5	5	2

Además de las citadas en este cuadro se han observado: una permanencia de diecinueve días; otra de veintitrés, y otra de treinta y cuatro días, que es el máximo período de días de precipitación sin solución de continuidad registrados en Gijón en los veinte años tratados.

Como consecuencia de la persistencia, en el cuadro núm. 4 se presentan valores más altos de las frecuencias de permanencias largas observadas, en comparación con las calculadas; y más bajos en las permanencias cortas. Este hecho se estudia a continuación mediante las probabilidades estimadas, según datos de la observación, de día de precipitación después de n días continuos de precipitación.

2.6.—Probabilidad estimada de día de precipitación después de n días de precipitación.

Un examen muy interesante de la persistencia se puede hacer calculando la probabilidad estimada, p_n , de día de precipitación después de n días continuos de precipitación. Estos cálculos se hacen con los datos procedentes de la observación, y es de señalar que, que si el fenómeno fuese aleatorio, las probabilidades calculadas deberían de ser iguales o muy próximas a $p = 0,430$, probabilidad estimada de precipitación en los veinte años tratados.

CUADRO NÚM. 5.—Frecuencias acumuladas de las permanencias de n o más días de precipitación, y probabilidades estimadas, p_n , de día de precipitación después de n días de precipitación, en Gijón, con observaciones de veinte años.

n	1	2	3	4	5	6	7
Permanencias de n o más días de precipitación.	1.101	690	430	274	194	143	87
Relaciones, p_n .	0,626 p_1	0,623 p_2	0,637 p_3	0,708 p_4	0,737 p_5	0,608 p_6	
	8	9	10	11	12	13	
	60	44	31	25	15	10	
	0,689 p_7	0,733 p_8	0,705 p_9	0,806 p_{10}	0,600 p_{11}	0,667 p_{12}	

En el cuadro núm. 5 se presentan las frecuencias acumuladas observadas en Gijón, en los veinte años considerados, de uno o más días de precipitación, de dos o más días de precipitación, de tres o más días de precipitación, etc. Si, a partir de la segunda, dividimos cada una de ellas

por la anterior, obtenemos unas estimaciones de las probabilidades de día de precipitación después de un día de precipitación (p_1), después de dos días de precipitación (p_2), después de tres días de precipitación (p_3), etcétera, designando, en general, por p_n la probabilidad de día de precipitación después de n días de precipitación sin solución de continuidad. Estas estimaciones son tanto más inseguras cuanto mayor es n , porque al aumentar n , los datos de observación son más escasos.

Del examen del cuadro núm. 5 se deduce que, debido a la persistencia cualquier p_n es mayor que la probabilidad general, p , o sea, que la probabilidad de día de precipitación después de uno o más días de precipitación es más fuerte que la probabilidad general del fenómeno.

Los tres primeros valores p_1 , p_2 y p_3 son muy parecidos y se va a contrastar la hipótesis de que son estimaciones de un mismo valor p_m . Del cuadro núm. 5 obtenemos:

$$1.101 \times p_1 = 690; \quad 690 \times p_2 = 430; \quad 430 \times p_3 = 274.$$

Por tanto,

$$1.101 \times p_1 + 690 \times p_2 + 430 \times p_3 = 690 + 430 + 274.$$

Si suponemos $p_1 = p_2 = p_3 = p_m$, se obtiene,

$$2.221 \times p_m = 1.394 \quad \text{y} \quad p_m = 0,628.$$

Con esta estimación constante de la probabilidad de día de precipitación después de uno, dos y tres días de precipitación se calculan, de las 1.101 permanencias de uno o más días de precipitación, los siguientes resultados:

Permanencias esperadas de uno o más días de precipitación ...	691
" " dos " " ...	434
" " tres " " ...	273

Al comparar estos valores con los observados: 690, 430 y 274, respectivamente, mediante las χ^2 de Pearson, se obtiene que hay una probabilidad superior al 98 por 100 de que las diferencias entre los valores esperados y los observados sean debidas al azar. La hipótesis $p_1 = p_2 = p_3$ tiene un alto valor de aceptación estadística.

En la figura 3 se ha hecho la representación de p_n en función de n . En el examen de esta figura deben de tenerse presentes las circunstancias que a continuación se exponen. Como ya se ha advertido, la inseguridad de p_n es creciente al aumentar n , porque al progresar n disminuyen los datos de observación para la estimación de p_n . También se ha comprobado que no hay inconveniente en considerar $p_1 = p_2 = p_3$. Además, en los p_n que no corresponden a valores bajos de n deben de tener decidida influencia la acción de temporales bien organizados. Por otra parte, sabido es que se admite un ritmo groseramente semanal en los fenó-

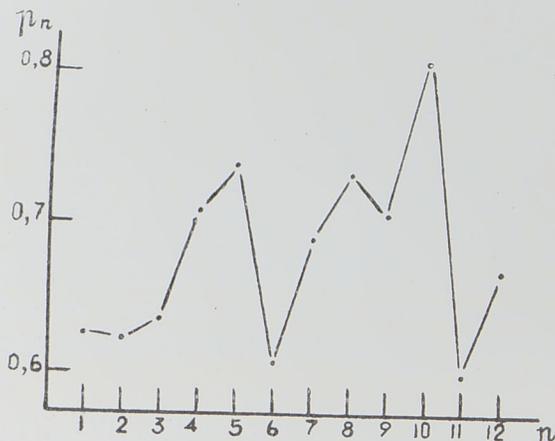


Figura 3.—Variación de la probabilidad estimada (p_n) de día de precipitación después de n días de precipitación, en Gijón, con observaciones de veinte años.

menos del tiempo atmosférico. Todo ello parece que permite aventurar las siguientes conclusiones para la probabilidad de día de precipitación en Gijón:

- 1.^a La probabilidad de día de precipitación, después de uno o dos o tres días de precipitación es la misma (63 por 100).
- 2.^a Después de cuatro días observados de precipitación, la probabilidad de que haya precipitación el quinto y el sexto día es creciente (71 por 100 y 74 por 100).
- 3.^a Al séptimo día la probabilidad de precipitación disminuye notablemente (61 por 100).
- 4.^a Si el séptimo día es observada precipitación, la probabilidad de que la haya en los días siguientes es creciente, en líneas generales, hasta el onceavo día (81 por 100).
- 5.^a Al doceavo día la probabilidad de precipitación vuelve a disminuir notablemente (60 por 100), creciendo después.
- 6.^a Podemos observar un ritmo entre seis y cinco días, atribuible a un ritmo igual en la duración de los temporales.

3.—PERSISTENCIA DE LOS DIAS SIN PRECIPITACION

3.1.—Observaciones efectuadas en Gijón de los períodos de días sin precipitación durante veinte años.

En correspondencia con el cuadro núm. 1, en el cuadro núm. 6 figuran las permanencias de días sin precipitación observadas mensualmente en Gijón durante veinte años. Se entiende por día sin precipitación a un período de veinticuatro horas durante las cuales no se ha recogido ninguna precipitación, o se ha recogido una cantidad inapreciable; esto es, inferior a 0,1 mm. Cuando hay n días consecutivos de esta característica, precedidos y seguidos por día de precipitación apreciable, decimos que constituyen una *permanencia* de n días sin precipitación. Con arreglo a lo expuesto, la suma de los días con precipitación y sin precipitación de un período cualquiera, es igual al conjunto de los días de dicho período.

Las advertencias hechas acerca de la presentación de los datos y de la homogeneidad de la serie estadística del cuadro núm. 1, son válidas para este cuadro núm. 6, el cual no expresa más que los días que le faltan al cuadro núm. 1 para totalizar todos los correspondientes al período de veinte años estudiado, agrupándolos mensualmente por permanencias de días sin precipitación. También figuran al final los resúmenes, por meses y total, de los días sin precipitación y de los días sin precipitación precedidos por día sin precipitación, así como de los días observados.

3.2.—Probabilidad de día sin precipitación y de día sin precipitación después de día sin precipitación.

Se estima como probabilidad, q , de día sin precipitación al cociente de los días observados de este tipo, partidos por el número de días sujetos a observación. Por lo dicho anteriormente, y para cualquier período, es $q = 1 - p$.

Se estima como probabilidad, q' , de día sin precipitación, precedido por día sin precipitación, al cociente de los días observados con esta característica, partidos por el número de días sin precipitación observados en el mismo período. Se puede relacionar, q' , con los valores de p , p' y q , citados anteriormente, de la manera que a continuación se expone:

CUADRO NÚM. 6.—Períodos de días sin precipitación apreciable (menor que 0,1 milímetros), en Gijón, durante veinte años.

AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1938	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4-10-	1-8-4 3	1-3-1-1- 1+
1939	+1-4-1- -2-1-2+	+13-2- -1	6-4- -2-3+	+1-1- 5-10	1-5-12 +	+2-2- 3-7-5	16-1-2- -5	3-2-8-1- -7-1+	+2-8-1- -7-5	1-1-1-6- 2-1-2-1	3-1-6-9- 2-2+	+1-2-3- -1-1-2-3
1940	1-6-1- -1-1	2-3-5- -3+	+1-9-2- -9-1-1+	+1-2-3- -2-8-1-1	10-2-3- -2+	+4-6- -2-1-3-6+	+3-1-2- -1-8-3	10-19+	+8-2- -2-7-3	4-1-1-3- -1-2-4	3-1-2-1- -7-2+	+4-1-1- -6-8
1941	1-1-3-1- -2	8-3- 2+	+2-1-2- -5-1-2	1-7-1-4- -1-3	1-2-4- -3	3-1-11- -1-3+	+7-2- -10-3-1	1-2-2-2- +5-2-2+	+6-15- -2-2	25-1	7-2-5- -2-1	3-6- -13+
1942	+4-2-1- -1-2	3-15	1-3-1-1- -2-3-2	1-1-4-1- -1-3-1-1+	+7-2-11- -2+	+7-2- -13	2-3-4- -2-9-1	9-7-6- -1-1+	+5-4- -2-4-1-1+	+1-5-11- -2-2-1	3-1-3- -16+	+10-3- -2
1943	6-2-3- -1	2-4-7- -1+	+8-13- -3-3+	+20-1- -4	1-22+	+2-5- -4-5-9+	+4-9- -3-6+	+1-7-7- -3-5+	+2-2-2- -1-1-2	4-8-4	2-1-3-1- -1-1+	+1-3- -1-5
1944	3-19-6+	+1-4-1- -2	1-2-17- -1+	+1-2-2- -1-1-10+	+4-4- -6-1-5-1	1-3-6-5- -1-2-1-1+	+1-2-7- -1-3-5+	+1-4-4- -3-3-4	1-2-1-2- -4-6-+	+1-1-2- -1	4-2-6- -1-2-1+	+1-1-1- -2-1-2-2
1945	2-1-1-4	7-18+	+15-7- -1-1	1-6-1- -8-1	1-2-4- -2-3-1+	+6-3-4- -2-3-1+	+4-3-4- -8-2-1	5-2-3- -2-1	5-3-3-3- -1-6+	+23-1- -1+	+3-7- -2-2-6	2-10-1- -1-2+
1946	+2-8-3- -3-1-1-1	6-10-3	1-1-1-5- -4	2-3-6- -2	2-2-1- -5	10-5- -10+	+3-6- -19+	+2-6-1- -3-4-3-1	1-10-2- -1-1+	+8-7- -1-4-4	+7-2- -2-2-1	1-3-2- -2
1947	3-2-3- 2-3-1	1-2-2-2	1-1-1-4- 2-1-1-1	1-3-11- -1-4-2	1-1-1-3- 5-3-1	1-7-7- -2-1+	+6-8- -1-3-7	5-1-8- -1-7	11-1-3- -3	2-2-14- -1-1-1	+1-12- -6	1-2-7- -1-4-2
1948	4-1-2- -1-1	3-10-4- -1-4+	+28	1-2-1-5- -1-1-2	2-1-3- -5-1-2	2-4-2- -4-1-8+	+13-5- -7-1	2-1-2-3- -6-3+	2-2-4-1- -2-9-2+	+1-1-1-1- -4-1-1+	+3-7- -20+	+1-1-1- -2-2-11
1949	1-18+	+7-1- -6-5	1-2-1-6- -1-4-4	15-1-1	2-8-2- -2-3	3-15- -7+	+6-1- -6-12+	+1-3-1- -9-3-3-2+	+3-5-1- -1-3-1	3-1-5- -2-1-4-5+	+4-3-3- -3	4-1-4- -7
1950	8-6-1-1- -3-3-2	1-2-1-7- -1	13-5-2	1-5-1-1- -1-1-4+	+7-2-1- -1-3	2-1-1-2- -10+	+1-1-1-6- -2-4-10+	+6-1-4- -1-3-1-2-1	3-4-1-1- -2-3-1	4-6-6- -1	1-4-2- -1-1-1-1	0
1951	2-1-2-5	1-4-1-1- -1-1+	+2-1-1-2 -1-3-2	1-2-6-3 -2+	+2-6- -1-1+	+2-1-1- -6-3-5+	+2-3-2- 2-1-2-1	1-1-8-2- 3-1-1	5-1-1-1- -5-1-1-2	7-2-1- 2	1-1-3-2- 1-4+	+1-2-1- 9-2-1
1952	2-1-1	1-2-2- -1-1+	+7-1-2- -7-1	1-3-6- -1-3	1-1-2- -1-7	4-2-4- -9	6-5-3- -1-10+	+2-2-2- -8-7-1+	+4-1-1-1- -1-1-1	1-5-3-1- -1-1-3	4-1-1-3- -1-1	6-1-4- -1-1
1953	1-13-6	5-1-3- -7+	+30	1-2-1-2- 7-1-2	9-2-1- -6-5	2-3-6- -1	3-1-3-1- -3-4-2+	+1-9-4- -3-5+	+1-1-8- -1-2-2-2+	+10-3- -2	4-12- -3+	4-6-2- -2-5-7
1954	1-1-10	2-2-2	1-4-1-1- 2-5	3-15-1- -2	3-3- +3+	+1-1-2-1- -3-2-3-1	8-2-11- 2-1+	+1-1-1-1- 2-2-5	2-3-2-4- -1-4-1+	+7-8-1- -1-1-1+	+6-1-1- -5-1-2	4-2-5- -4-7+
1955	+1-1-1-1- -5-1	1-1-4-2- -2-1+	+5-8-7- -1+	+1-3- -12-6-1	9-5- -5+	+2-4-5- -1-2-4+	+1-1-4- -3-3	10-16	5-2-5-2- -3+	+2-1-9- -2-5	1-2-13- -1	9-5-1
1956	4-4-3- -1-3	2-1-1- -3+	+13-1-1- -2-2-2	2-4-2- -2	11-5-1- -2-1+	+4-2-5- -9	5-1-2-4- -8-2+	+2-2-1- -1-2-1-3	1-3-1-2- -1-5	1-9-9- -3	3-2-1- -3	1-10-3- -2-1-1
1957	7-2-4- -1-4+	+4-3- -2-5-1+	+4-12- -2-1	8-2-1- 5	2-2-1- 6-3-1	1-6-1- -4	2-1-5-1- -1-2-4+	+7-1-2- -7-7+	+2-1-3- -4-4-3	8-5-2- -7	2-1-11- -6+	+6-1- -4-2-1
1958	1-2-1-5- -1-4-2+	+5-2- -5-6	4-1-1-1- -1-2	1-1-2- -6-1-3+	4-7-1- -3-1	1-2-1-5- -1-1-2	14-4-3- -5	1-8-4- -1-5	1-3-7- -4-1-6	-	-	-
Días sin precipitación	277	284	375	331	333	378	451	403	355	358	325	292
Id. precedidos por día sin precipitación	186	210	288	230	248	283	359	298	248	272	233	207
Días observados.	620	565	620	600	620	600	620	620	600	620	600	620

TOTALES { Días sin precipitación 4.162
 Id. precedidos por día sin precipitación 3.062
 Id. observados 7.305

Para un período de N días se designa por :

n_p = número de días con precipitación ;

n'_p = número de días con precipitación, precedidos por día de precipitación ;

s_p = número de permanencias de días de precipitación ;

n_q = número de días sin precipitación ;

n'_q = número de días sin precipitación, precedidos por día sin precipitación ;

s_q = número de permanencias de días sin precipitación.

Así obtenemos :

$$\begin{array}{l} n'_p = n_p - s_p \\ p' = 1 - \frac{s_p}{n_p} \\ 1 - p' = \frac{s_p}{n_p} \end{array} \quad \left| \quad \begin{array}{l} n'_q = n_q - s_q \\ q' = 1 - \frac{s_q}{n_q} \\ 1 - q' = \frac{s_q}{n_q} \end{array} \right.$$

$$\frac{1 - p'}{1 - q'} = \frac{n_q}{n_p} \frac{s_p}{s_q}$$

Dividiendo n_q y n_p por N, se obtiene :

$$\frac{1 - p'}{1 - q'} = \frac{q}{p} \frac{s_p}{s_q}$$

Para un período continuo s_p es igual a s_q o difiere en una unidad en más o menos. En el caso de los cuadros núm. 1 y núm. 6, se tiene $s_p = 1.101$ y $s_q = 1.100$, pues el período tratado comienza y termina con una permanencia de días de precipitación.

Considerando $s_p = s_q$, la fórmula anterior se escribe :

$$\frac{1 - p'}{1 - q'} = \frac{q}{p},$$

que también se puede escribir en forma de igualdad de razones de persistencia,

$$\frac{1 - p}{1 - p'} = \frac{1 - q}{1 - q'}$$

Estas relaciones que se cumplen para $s_p = s_q$, también se cumplen aproximadamente cuando $s_p = s_q \pm 1$, para valores altos de s_p (y, por lo tanto, de s_q). En nuestro caso dichas relaciones son satisfechas dentro del orden de aproximación empleado en este trabajo para los valores totales de los veinte años; pero no así para los totales mensuales, porque correspondiendo éstos a períodos no continuos, los números de s_p y s_q pueden diferir en varias unidades.

Los valores mensuales y totales de q y q' , obtenidos del cuadro número 6, figuran en el cuadro núm. 7, y en la figura 4 se ha hecho una

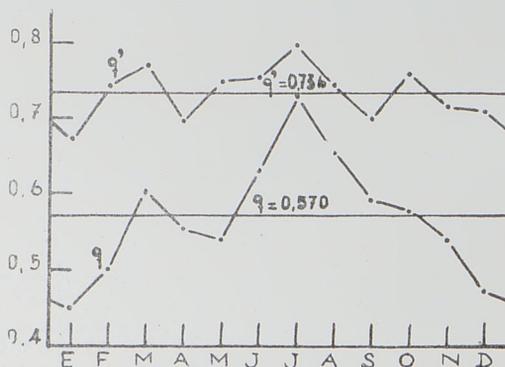


Figura 4.—Probabilidades estimadas, mensuales y totales, de día sin precipitación (q), y de día sin precipitación precedido de día sin precipitación (q'), en Gijón, con observaciones de veinte años.

CUADRO NÚM. 7.—Probabilidades estimadas mensuales y totales de día sin precipitación, q , y de día sin precipitación precedido por día sin precipitación, q' , en Gijón, con observaciones de veinte años.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
q	0,447	0,503	0,605	0,552	0,537	0,630
q'	0,671	0,739	0,768	0,695	0,745	0,749
Julio	Agosto	Septbre.	Octubre	Novbre.	Dicbre.	TOTAL
0,727	0,650	0,592	0,577	0,542	0,471	0,570
0,796	0,739	0,699	0,760	0,717	0,709	0,736

representación gráfica de los mismos. Por efecto de la persistencia, cualquier valor de q' es superior al correspondiente de q .

Por lo expuesto anteriormente, la variación de q es contraria a la de p , presentando un máximo absoluto en julio en correspondencia con el mínimo absoluto de precipitación media mensual, y otro máximo secundario en marzo, en correspondencia con otro mínimo secundario de precipitación media mensual. El mínimo absoluto de q ocurre en enero, con retraso respecto al máximo absoluto de precipitación media mensual que ocurre en diciembre; además q presenta un mínimo secundario en mayo, en coincidencia con un máximo de precipitación media mensual en el mismo mes.

La variación de q' , conservándose siempre q' superior al correspondiente q , presenta semejanza con la de q ; pero con oscilaciones más atenuadas entre los valores extremos.

3.3.—Medida de la persistencia de día sin precipitación.

En 2.3. se ha utilizado el coeficiente de Besson para la medida de la persistencia de día de precipitación. El mismo coeficiente se vuelve a utilizar aquí para la medida de la persistencia de día sin precipitación. En este caso su valor viene dado por,

$$R_B = \frac{1 - q}{1 - q'} - 1.$$

Con arreglo a lo expuesto en 3.2., los valores de los coeficientes de Besson, para día de precipitación y día sin precipitación, son los mismos en el caso de $s_p = s_q$, y aproximadamente iguales para $s_p = s_q \pm 1$, para valores altos de s_p (o s_q). Esto último es lo que ocurre en nuestro caso para todo el período de los veinte años, resultando ambos coeficientes iguales, dentro de la aproximación empleada. Sin embargo, no ocurre lo mismo para los valores mensuales de los citados coeficientes, por las razones expuestas en dicho 3.2. En el cuadro núm. 8 se exponen los coeficientes de Besson, mensuales y total, para día sin precipitación, calculados con las estimaciones de q y q' que aparecen en el cuadro núm. 7.

CUADRO NÚM. 8.—Valores mensuales y total del coeficiente de persistencia de Besson para día sin precipitación, en Gijón, con observaciones de veinte años.

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	
0,68	0,90	0,70	0,47	0,82	0,47	
Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
0,34	0,34	0,36	0,76	0,62	0,82	0,63

En 2.4. se examinó, mediante la razón de persistencia de día de precipitación, que los valores hallados para dicha persistencia eran significativos de la indudable existencia de la misma. Teniendo en cuenta que la razón de persistencia para día sin precipitación vale lo mismo (1,63) que para día de precipitación, por las razones ya expuestas, y que el error típico de q es igual al de p , se concluye, como era de esperar, que la estimación obtenida para la persistencia de día sin precipitación es significativa de la indudable existencia de la misma.

3.4.—Frecuencias de las permanencias de días sin precipitación.

Como se expuso en 2.5., si la probabilidad de día de precipitación es p y la probabilidad de día sin precipitación es q , en N días se esperarán $Nq^2 p^n$ permanencias de n días de precipitación, en el caso de que la distribución fuese aleatoria. Por las mismas razones, y en las mismas condiciones, se esperarán $Np^2 q^n$ permanencias de n días sin precipitación, o sea, de períodos de n días sin precipitación precedidos y seguidos por día de precipitación. En este caso, con $N = 7.305$, $p = 0,430$ y $q = 0,570$, la frecuencia absoluta de permanencias de n días sin precipitación, siendo el fenómeno aleatorio, vale:

$$7.305 \times 0,430^2 \times 0,570^n$$

Las frecuencias absolutas así calculadas y las observadas, en los veinte años que se tratan, son las que se exponen en el cuadro núm. 4.

CUADRO NÚM. 9.—Permanencias de n días sin precipitación, en Gijón, durante veinte años.

Días de las permanencias, n		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Frecuencias	Calculadas sin persistencia ...	770	439	250	143	81	46	26	15	8	
	Observadas	360	224	131	86	71	48	44	30	25	
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
4,8	2,7	1,6	0,9	0,51	0,29	0,16	0,09	0,05	0,03	0,02	0,01
15	13	9	10	6	6	4	3	1	1	0	3

Además de las citadas en este cuadro se han observado: una permanencia de veintitrés días; una, de veinticuatro; dos, de veinticinco; una, de veintiséis; una, de veintisiete; una, de veintinueve; una, de treinta y dos; una, de treinta y tres, y una, de treinta y siete, máximo período de días sin precipitación apreciable, sin solución de continuidad, observado en Gijón en los veinte años.

Como ocurría con las permanencias de días de precipitación, también en éstas se presentan valores más altos de las permanencias observadas, respecto a las calculadas, en las permanencias largas, mientras ocurre lo contrario en las permanencias cortas. Este resultado, que es un efecto de la persistencia, se estudia mejor mediante las probabilidades estimadas de día sin precipitación después de n días sin precipitación, lo cual se trata seguidamente.

3.5.—Probabilidad estimada de día sin precipitación después de n días sin precipitación.

Como se hizo con los días de precipitación, se examina la persistencia de día sin precipitación mediante la probabilidad estimada, q_n , de día sin precipitación después de n días sin precipitación. En el cuadro número 10 aparecen las frecuencias acumuladas de las permanencias de uno o más días sin precipitación, de dos o más días sin precipitación, de tres o más días sin precipitación, etc. Si, a partir de la segunda frecuencia acumulada, dividimos cada una de ellas por la anterior, obtenemos unas estimaciones de las probabilidades de día sin precipitación después de un día sin precipitación (q_1), después de dos días sin precipitación (q_2), después de tres días sin precipitación (q_3), etc. Estas estimaciones son tanto más inseguras cuanto mayor es n , porque al aumentar n disminuyen los datos de observación para el cálculo de q_n .

CUADRO NÚM. 10.—Frecuencias acumuladas de las permanencias de n o más días sin precipitación, y probabilidades estimadas, q_n , de día sin precipitación, después de n días sin precipitación, en Gijón, con observaciones de veinte años.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	
Permanencias de n o más días sin precipitación	1.100	740	516	385	299	228	180	136	
Relaciones, q_n	0,673 q_1	0,697 q_2	0,746 q_3	0,777 q_4	0,763 q_5	0,789 q_6	0,756 q_7		
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
106	81	66	53	44	34	28	22	18	15
0,779 q_8	0,764 q_9	0,815 q_{10}	0,803 q_{11}	0,830 q_{12}	0,773 q_{13}	0,824 q_{14}	0,786 q_{15}	0,818 q_{16}	0,833 q_{17}

Del examen del cuadro núm. 10 se deduce que cualquier q_n es superior a q , o sea, que la probabilidad de día sin precipitación después de uno o más días sin precipitación, es superior a la probabilidad general

del fenómeno (0,570), lo cual es debido a la persistencia. De no haber persistencia era de esperar obtener, para cualquier q_n , el valor de la probabilidad general.

En la figura 5 se ha hecho la representación gráfica de los valores

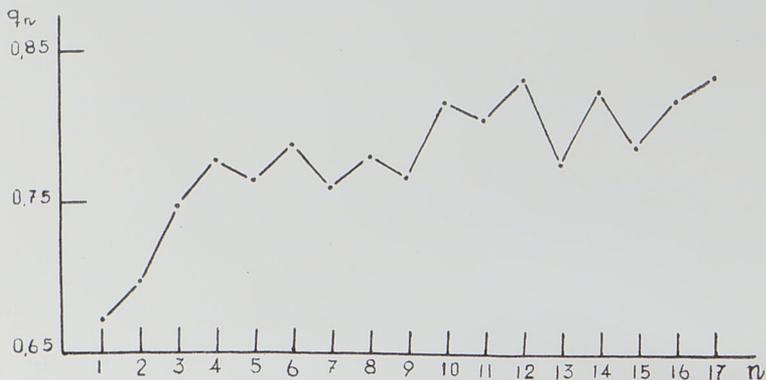


Figura 5.—Variación de la probabilidad estimada (q_n) de día sin precipitación después de n días sin precipitación, en Gijón, con observaciones de veinte años.

de q_n del cuadro núm. 10, en función de n . Esta gráfica presenta un aspecto diferente de la análoga referente a días de precipitación (fig. 3). Se nota que después de uno, dos, tres y cuatro días sin precipitación, la probabilidad de día sin precipitación es creciente, pasando dicha probabilidad de $q_1 = 0,673$ a $q_4 = 0,777$. Desde este valor q_4 y hasta q_9 , inclusive, parece que la probabilidad de día sin precipitación tiende a establecerse alrededor de un valor medio de 0,771, con desviación máxima de + 0,018. En general, para valores de n superiores a 9, los valores de q_n son superiores y de variación más irregular, debiendo de tenerse en cuenta la circunstancia de que al aumentar n disminuye la seguridad de q_n . Desde luego, a diferencia de lo que ocurría con p_n , los valores de q_n no presentan la tendencia que aquellos tenían a organizarse con un cierto ritmo.

INDICE

Páginas

1.—RESUMEN	5
2.—PERSISTENCIA DE LOS DIAS CON PRECIPITACION	7
2.1.—Observaciones efectuadas en Gijón de los períodos de días de precipitación, durante veinte años	7
2.2.—Probabilidad de día de precipitación, y de día de precipitación después de día de precipitación	9
2.3.—Medida de la persistencia de día de precipitación	10
2.4.—Razón de persistencia observada, comparada con la esperada en el mismo fenómeno supuesto regido por las leyes del azar	13
2.5.—Frecuencias de las permanencias de días de precipitación	15
2.6.—Probabilidad estimada de día de precipitación después de n días de precipitación	16
3.—PERSISTENCIA DE LOS DIAS SIN PRECIPITACION	19
3.1.—Observaciones efectuadas en Gijón de los períodos de días sin precipitación, durante veinte años	19
3.2.—Probabilidad de día sin precipitación y de día sin precipitación después de día sin precipitación	19
3.3.—Medida de la persistencia de día sin precipitación	23
3.4.—Frecuencias de las permanencias de días sin precipitación	24
3.5.—Probabilidad estimada de día sin precipitación después de n días sin precipitación	25

