

# Una aproximación al estudio de la intensidad de la precipitación en la Isla de la Juventud

ARNALDO P. ALFONSO, ENRIQUE GONZÁLEZ, y RAMÓN PÉREZ

**RESUMEN.** A partir de los pluviogramas obtenidos con los pluviógrafos P-2, soviéticos, en las estaciones meteorológicas de la Isla de la Juventud (Isla de Pinos), se construyeron las distribuciones de frecuencia de la intensidad de la precipitación para cada estación. Se utilizaron valores promediados sobre intervalos de 10 minutos. La intensidad ( $I$ ) nunca se encontró mayor de 3 mm/min. Las precipitaciones más intensas caen en el interior de la Isla, entre los meses comprendidos de mayo a octubre. Se analiza la persistencia en el tiempo de las grandes intensidades ( $I \geq 1,00$  mm/min) y su distribución en la noche y el día. También se comparan las intensidades en general con aquellas registradas al paso de un ciclón tropical. Por último se propone una escala cualitativa para la observación de la intensidad de la precipitación en Cuba.

## 1. INTRODUCCIÓN

A fines de octubre de 1975 se recibió en la Oficina Regional del Instituto de Meteorología, en la Isla de la Juventud, una solicitud de la Empresa Eléctrica sobre datos relacionados con la intensidad máxima que puede adquirir la precipitación en la ciudad de Nueva Gerona. Nuestros conocimientos acerca de esta magnitud eran muy rudimentarios y los datos disponibles escasos, dado que la estación meteorológica de Nueva Gerona, ubicada apenas a 200 m del sitio de interés de la Empresa Eléctrica, se estableció en agosto de 1973, por lo que sólo se contaba con pluviogramas de dos años. Por otra parte, la bibliografía sobre el tema es escasa en Cuba. En su trabajo sobre la precipitación en La Habana, MILLÁS (1943) trata el tema en una de sus secciones.

A pesar de tales dificultades, acrecentadas por el hecho de que la información se requería en tiempo mínimo, nos dimos a la tarea de extraer los datos de intensidad máxima para cada mes del período de dos años, y con esos resultados y los obtenidos para La Habana, como referencia, confeccionamos el informe correspondiente.

---

Manuscrito aprobado el 15 de septiembre de 1978.

A. P. Alfonso, E. González y R. Pérez pertenecen al Instituto de Meteorología, de la Academia de Ciencias de Cuba.

Este suceso permitió percatarse de que, para muchos fines prácticos, la intensidad de la precipitación es de interés y, por ello, al comenzar la extracción de datos de los pluviogramas de todas las estaciones de la Isla, para el tema de investigación que desarrollamos allí, se decidió incluir también los datos de intensidad, y elaborarlos en la forma que más adelante se explica.

Desde el punto de vista puramente meteorológico este estudio ofrece gran interés y debe considerársele como parte integrante del estudio climatológico general de la precipitación en la Isla de la Juventud.

## 2. OBTENCIÓN DE LOS DATOS BÁSICOS

Las series de pluviogramas de las estaciones meteorológicas de la Isla de la Juventud no son largas ni están completas, pero se utilizaron todos los pluviogramas disponibles. Se debe tener en cuenta la dificultad adicional de que cada serie tiene una longitud diferente a las demás. Por todas estas razones los resultados de este trabajo deben manejarse con cautela.

Afortunadamente, hay un hecho que homogeniza, en un aspecto, cada serie en sí misma y con las demás, y es el uso de igual tipo de instrumento. Todas las estaciones cuentan con pluviógrafos P-2 soviéticos y cada pluviógrafo ha cubierto el período completo de observaciones. Por otra parte, la red de estaciones puede considerarse incompleta para brindar información general sobre el área de estudio, pero hay indicios de que la variable bajo discusión presenta pequeñas variaciones espaciales en ella y que las diferencias más marcadas se establecen entre la costa y el interior, por lo que una red como la utilizada, con dos estaciones costeras y dos situadas tierra adentro, parece brindar la confianza suficiente.

En los pluviógrafos se usaron dos tipos de cartas: con escala de divisiones de hasta 0,1 mm y con escala de divisiones de hasta 0,2 mm. Ambos tipos poseen una escala temporal que tiene como base períodos de 10 minutos, con marcas para las horas en punto. Teniendo en cuenta estas características de las cartas, la intensidad se define por la expresión

$$I : T_{10}/10 \quad (1)$$

en la que:  $I$ : intensidad de la precipitación en mm/min.

$T_{10}$ : precipitación total en mm, en el período de 10 minutos, limitado por dos divisiones temporales sucesivas del pluviograma ( $T_{10} \geq 0,1$  mm).

En aquellos casos en que la precipitación no cubrió un período de 10 minutos, se calculó  $I$  por la expresión

$$I: Ta/a \quad (2)$$

en la que:  $Ta$ : precipitación total en mm, en el período de tiempo dado por  $a$ .

$a$ : duración de la precipitación en minutos.

Para hacer más objetivo el uso de (2) se tomaron para  $a$  sólo los valores 3, 5 y 8.

Por supuesto, esta manera de calcular la intensidad disminuye algo el número de casos con grandes intensidades, pues es conocido el hecho de que éstas se presentan por períodos muy cortos. Sin embargo, cualquier subdivisión de los intervalos de 10 minutos conlleva una pérdida considerable de exactitud y la consiguiente incertidumbre en los valores obtenidos.

Los datos de intensidad se agruparon teniendo en cuenta la estación meteorológica; el año y el mes, y cada ocasión lluviosa. Se ordenaron cronológicamente, o sea, dentro de cada ocasión con precipitación se mantuvo el orden de ocurrencia, de manera que podía identificarse sin dificultad en qué período dado de 10 minutos ocurrió cada valor de intensidad.

### 3. DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIA

Luego de efectuar una inspección subjetiva de los datos, nos decidimos a escoger los intervalos de clase que se utilizaron para hallar las distribuciones de frecuencia para cada estación (Tablas 1, 2, 3, y 4). No conocemos ninguna distribución estadística de esta variable y es probable que los intervalos escogidos no sean los idóneos, pero esta división condujo a histogramas uniformes.

En las Tablas 1, 2, 3, y 4 se incluyen también las frecuencias relativas para cada intervalo de clase que, de acuerdo con el número total de casos ( $N$ ), puede identificarse con la probabilidad empírica de ocurrencia de cada intensidad.

Hicimos varios intentos para encontrar funciones que modelaran las distribuciones de frecuencia. Aunque hallamos algunas funciones que se ajustaban muy bien en determinados intervalos, ninguna satisfizo las pruebas de hipótesis. La mejor aproximación para todas las estaciones en el intervalo  $x < 1,25$  es la hipérbola equilátera;  $xy: 0,013$ ; pero para  $x \geq 1,25$

**TABLA 1.** Distribución de frecuencia para la intensidad de la precipitación (*I*) en mm/min., en la estación meteorológica de La Melvis. Se muestran los resultados para las temporadas poco lluviosas y muy lluviosas del año, respectivamente. Los datos mensuales se encuentran en la Biblioteca del Instituto de Meteorología.

Intensidad	Número de casos		Frecuencia relativa
	Noviembre-abril	Mayo-octubre	
≤0,05	429	2 072	0,47
0,06-0,10	185	765	0,18
0,11-0,20	103	558	0,12
0,21-0,40	91	464	0,10
0,41-0,60	32	239	0,05
0,61-0,80	28	126	0,03
0,81-1,00	21	100	0,02
1,01-1,25	6	48	0,01
1,26-1,50	5	34	0,007
1,51-1,75		18	0,003
1,76-2,00	5	27	0,005
2,01-2,50		6	0,001
2,51-3,00	1	7	0,001

**TABLA 2.** Distribución de frecuencia para la intensidad de la precipitación (*I*) en mm/min., en la estación meteorológica de Punta del Este. Son válidas aquí las especificaciones de la Tabla 1.

Intensidad	Número de casos		Frecuencia relativa
	Noviembre-abril	Mayo-octubre	
≤0,05	319	1 583	0,51
0,06-0,10	119	497	0,17
0,11-0,20	78	358	0,12
0,21-0,40	72	308	0,10
0,41-0,60	22	137	0,04
0,61-0,80	12	84	0,03
0,81-1,00	8	51	0,02
1,01-1,25	2	22	0,01
1,26-1,50	2	18	0,005
1,51-1,75		8	0,002
1,76-2,00	1	9	0,003
2,01-2,50		2	0,0005

**TABLA 3.** Distribución de frecuencia para la intensidad de la precipitación (*I*) en mm/min., en la estación meteorológica de La Fe. Son válidas aquí las especificaciones de la Tabla 1.

Intensidad	Número de casos		Frecuencia relativa
	Noviembre-abril	Mayo-octubre	
≤0,05	635	2 346	0,52
0,06-0,10	206	740	0,17
0,11-0,20	108	529	0,11
0,21-0,40	84	461	0,10
0,41-0,60	47	218	0,05
0,61-0,80	23	101	0,02
0,81-1,00	15	79	0,016
1,01-1,25	4	53	0,009
1,26-1,50	4	26	0,005
1,51-1,75	1	5	0,001
1,76-2,00	1	19	0,003
2,01-2,50	1	3	0,0007

**TABLA 4.** Distribución de frecuencia para la intensidad de la precipitación (*I*) en mm/min., en la estación meteorológica de Nueva Gerona. Son válidas aquí las especificaciones de la Tabla 1.

Intensidad	Número de casos		Frecuencia relativa
	Noviembre-abril	Mayo-octubre	
≤0,05	195	665	0,52
0,06-0,10	56	156	0,13
0,11-0,20	40	157	0,12
0,21-0,40	31	149	0,11
0,41-0,60	12	62	0,05
0,61-0,80	3	50	0,03
0,81-1,00	3	23	0,02
1,01-1,25	2	16	0,01
1,26-1,50	3	10	0,007
1,51-1,75	1	3	0,002
1,76-2,00		3	0,001
2,01-2,50		3	0,001
2,51-3,00			
2,51-3,00			

ya no es aceptable. Otras funciones, como la exponencial, resultan una aproximación poco satisfactoria.

Hay algunos hechos importantes a resaltar y que se derivan de las Tablas 1, 2, 3, y 4. Apuntemos en primer lugar que  $I$  sólo toma valores desde 0,01 a 2,50 mm/min., excepto en la estación de La Melvis, en que se aprecian varios casos de intensidad entre 2,51 y 3,00 mm/min. No se encontró ningún caso en que  $I \geq 3,01$  mm/min., sostenida durante 10 minutos. Todo ello quiere decir que es muy probable que no ocurran intensidades superiores a 3,00 mm/min., que se sostengan por 10 minutos o más.

En segundo lugar, señalaremos que en La Melvis disminuye la frecuencia relativa para los valores más bajos que 0,60 mm/min., y aumenta para los valores superiores en relación con las otras estaciones; ello indica que las precipitaciones son más intensas en la zona de La Melvis. Este resultado era de esperar, pues La Melvis se encuentra en el interior de la Isla, donde la precipitación es máxima y las turbonadas más intensas (A. Alfonso, inédito)<sup>1</sup>.

Observamos también que en los meses de noviembre a abril, ambos inclusive, sólo se han registrado dos valores de  $I \geq 2,00$  mm/min. Los valores comprendidos entre 1,00 y 2,00 mm/min. son muy poco probables en estos meses. La mayor probabilidad de ocurrencia corresponde a La Melvis y la menor a La Fe.

#### 4. PERSISTENCIA DE LAS GRANDES INTENSIDADES

La persistencia de una gran intensidad por períodos de tiempo largos puede afectar a determinados intereses. Por ello hemos hecho la investigación correspondiente, aunque sin abandonar nuestra definición para  $I$ . Al efecto, preparamos una relación de los casos en que la intensidad se mantuvo igual a, o por encima de, 1,00 mm/min., por dos o más períodos de 10 minutos consecutivos en cada estación. En esas relaciones anotamos el tiempo de duración total y el valor mínimo de  $I$  para el período en cuestión. Con ayuda de esas relaciones construimos las Tablas 5, 6, 7, y 8, en las que queremos resaltar los siguientes hechos de interés:

- a) La persistencia de intensidades superiores a 1,50 mm/min., por más de 10 minutos, es un acontecimiento muy raro. Por encima de 2,00 mm/min., no se ha registrado ningún caso.
- b) La persistencia de las grandes intensidades por períodos superiores a 25 minutos es también un acontecimiento raro.

<sup>1</sup> "Descripción preliminar de las condiciones meteorológicas en Isla de Pinos"; trabajo propuesto para publicación.

TABLA 5. Número de veces en que persistieron grandes intensidades por un tiempo mayor de 10 minutos en la estación meteorológica de La Melvis. Se muestran los resultados para las temporadas poco lluviosa y muy lluviosa del año, respectivamente, y agrupados teniendo en cuenta el valor mínimo de *I* en cada ocasión. Entre paréntesis se indican las veces en que la persistencia fue de 25 minutos o más. Los datos mensuales se encuentran en la Biblioteca del Instituto de Meteorología.

Intensidad	Número de casos	
	Noviembre-abril	Mayo-octubre
1,00-1,25	3 (1)	23 (5)
1,26-1,50	1	4
1,51-1,75		2
1,76-2,00		1
> 2,00		

TABLA 6. Número de veces en que persistieron grandes intensidades por un tiempo mayor de 10 minutos en la estación meteorológica de Punta del Este. Son válidas las especificaciones de la Tabla 5.

Intensidad	Número de casos	
	Noviembre-abril	Mayo-octubre
1,00-1,25		10 (3)
1,26-1,50		2
1,51-1,75		
1,76-2,00		1
> 2,00		

TABLA 7. Número de veces en que persistieron grandes intensidades por un tiempo mayor de 10 minutos en la estación meteorológica de La Fe. Son válidas las especificaciones de la Tabla 5.

Intensidad	Número de casos	
	Noviembre-abril	Mayo-octubre
1,00-1,25	1	25 (5)
1,26-1,50	2 (1)	4 (2)
1,51-1,75		1
1,76-2,00		1 (1)
> 2,00		

TABLA 8. Número de veces en que persistieron grandes intensidades por un tiempo mayor de 10 minutos en la estación meteorológica de Nueva Gerona. Son válidas las especificaciones de la Tabla 5.

Intensidad	Número de casos	
	Noviembre-abril	Mayo-octubre
1,00-1,25	2 (1)	6
1,26-1,50		1
1,51-1,75		
1,76-2,00		1
> 2,00		

c) En los meses de la temporada poco lluviosa (noviembre-abril) hay muy pocos casos.

El período de mayor duración de las grandes intensidades es de 45 minutos y con un valor mínimo de 1,00 mm/min., y se registró en La Fe. Dos períodos de 40 minutos como mínimo, de 1,00 y 1,03 mm/min., respectivamente, son los períodos más largos subsiguientes. Estos datos muestran cuán poco probable es que las grandes intensidades se mantengan por 40 minutos o más.

## 5. OCURRENCIA DIURNA Y NOCTURNA DE LAS GRANDES INTENSIDADES

Estableciendo el criterio de que el día comienza a las 07:00 y termina a las 19:00, se distribuyeron las grandes intensidades entre el día y la noche. Luego se halló el porcentaje de ocurrencia en cada período y para cada estación, y se construyó la Tabla 9, la que muestra las diferencias que existen entre las ocurrencias diurna y nocturna de la precipitación

TABLA 9. Porcentajes de ocurrencia de grandes intensidades de precipitación en la noche y el día (ambos períodos se definen en el epígrafe 5), para las estaciones meteorológicas de Isla de Pinos.

Estación meteorológica	Día	Noche
La Melvis	84	16
Punta del Este	36	64
La Fe	65	35
Nueva Gerona	63	37

TABLA 10. Comparación entre la frecuencia relativa de las intensidades de la precipitación para todo el período de observaciones y la distribución análoga para el mes de junio de 1972, en la estación meteorológica de Punta del Este.

Intensidad	Distribución general	Distribución junio 1972
≤0,05	0,51	0,44
0,06-0,10	0,17	0,23
0,11-0,20	0,12	0,11
0,21-0,40	0,10	0,10
0,41-0,60	0,04	0,06
0,61-0,80	0,03	0,03
0,81-1,00	0,02	0,008
1,01-1,25	0,01	0,006
1,26-1,50	0,005	0,006
1,51-1,75	0,002	0,002
1,76-2,00	0,003	0,002
2,01-2,50	0,0005	
2,51-3,00		

en las estaciones. Es de destacar la máxima diurna muy marcada en La Melvis, en tanto que en Punta del Este la máxima nocturna está claramente expresada. Es curioso observar que los porcentajes de Nueva Gerona y de La Fe son análogos a los de Punta del Este, pero están invertidos.

El examen de los datos básicos (no mostrados aquí) permite apreciar, además, que en La Melvis las ocurrencias nocturnas se produjeron casi todas entre las 22:00 y las 24:00, y en Punta del Este las ocurrencias diurnas correspondieron fundamentalmente a la mañana y al final de la tarde. En Nueva Gerona y en La Fe las grandes intensidades nocturnas tienden a agruparse, como en La Melvis, en el horario de las 22:00 y las 24:00. Esta tendencia de la precipitación nocturna a presentar valores máximos en este período de tiempo está relacionada con sistemas de precipitación nocturnos que afectan a la Isla de la Juventud (A. Alfonso y R. Pérez; inédito)<sup>2</sup>.

## 6. INTENSIDAD DE LA PRECIPITACIÓN Y CICLONES TROPICALES

A fin de establecer una comparación entre las intensidades que se registran, en general, y las correspondientes a la precipitación asociada a ciclones tropicales, procesamos separadamente los datos de la estación de Pun-

<sup>2</sup> "Algunos comentarios sobre los sistemas de precipitación nocturnos que afectaron a Isla de Pinos durante el mes de agosto de 1975"; trabajo propuesto para publicación.

ta del Este, correspondientes al mes de junio de 1972, cuando el huracán Agnes afectó a la Isla de la Juventud (Isla de Pinos). La mayor parte de la precipitación del mes, que fue máxima para un mes cualquiera en la estación, fue ocasionada por el huracán.

En la Tabla 10 se compara la distribución de frecuencia general para Punta del Este (Tabla 2) con la distribución de frecuencia para junio de 1972. Destaquemos que la frecuencia de grandes intensidades fue menor en junio de 1972 y también es menor la frecuencia para las intensidades más pequeñas ( $\leq 0,05$  mm/min.), en tanto que se registró un aumento sustancial de la frecuencia de intensidades entre 0,06 y 0,10 mm/min.

Usando la relación de casos de grandes intensidades de precipitación en La Habana, dada por MILLÁS (1943), que incluye varios huracanes, pueden establecerse comparaciones análogas con resultados similares, por lo que parece que no debe esperarse la presencia de precipitaciones más intensas que lo corriente en el caso de afectación por huracanes. Por supuesto, es necesario contar con un número mayor de casos para arribar a conclusiones sobre este particular.

## 7. RECOMENDACIONES

No existe un criterio internacional para evaluar la intensidad de la precipitación al efectuar las observaciones meteorológicas (RESTALLACK, 1970). En algunos países se han construido escalas de acuerdo con las características peculiares de la precipitación en sus áreas de trabajo. En Cuba no existe escala para evaluar este parámetro. Como es lógico será necesario un estudio más completo que el presente, a nivel nacional, para lograr la adopción de una escala satisfactoria; pero, como ello supone un trabajo de larga duración, nos atrevemos a sugerir el uso de la escala que se muestra en la Tabla 11 y que se ha construido de acuerdo con los resultados obtenidos para la Isla de la Juventud, con carácter provisional.

El valor de  $I$  para entrar en la escala se mide en el período de 10 minutos que corresponde al tiempo presente. Se recomienda también aplicar

TABLA 11. Escala para evaluar la intensidad de la precipitación a reportar en el tiempo presente.

Intensidad	Término cualitativo	Porcentaje de ocurrencia aproximado
0,01-0,05	Ligera	50
0,06-0,30	Moderada	37
> 0,30	Fuerte	13

el término “muy fuerte” a precipitaciones de intensidad mayor, o igual que 1,00 mm/min., y añadir ese término al final del mensaje.

## RECONOCIMIENTO

Deseamos agradecer la colaboración prestada por los compañeros del Archivo de Climatología en la búsqueda y acondicionamiento de los pluviogramas. Participaron en la extracción y elaboración de los datos el compañero Alberto Cruz (Oficina Provincial del Instituto de Meteorología, Matanzas), y el compañero Juan F. Alfonso. Ofrecieron su valiosa colaboración los compañeros Rafael Bombino, Andrés Izquierdo, y Rigoberto Martínez.

## REFERENCIAS

- MILLÁS, J. C. (1943): *La lluvia en La Habana*. Observatorio Nacional, La Habana, 34 pp.
- RETALLACK, B. J. (1970): Compendium of lecture notes for training Clase IV meteorological personnel. *WMO*, 266, T. P. 150, Génova, 1.

**ABSTRACT.** From the pluviograms obtained with the soviet pluviographs P-2, frequency distributions of rainfall intensity were constructed for each of the meteorological stations of the Isla de la Juventud (Isle of Pines). Average values on intervals of 10 minutes were used. The intensity (/) was never higher than 3 mm/min. Most intense rain falls on the interior of the Isle and from May to October. Persistence in time of the greater intensities ( $I \geq 1,00$  mm/min), as well as their distribution during day and night, are analyzed. General intensities are compared with those registered during the crossing of a tropical hurricane. Finally, a qualitative scale is proposed for the observation of rainfall intensity in Cuba.

**CDU 551.577.21**