

ACERCA DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS GRANIZADAS EN MENDOZA

José M. Núñez y Laura V. Pérez  
Programa Nacional de Lucha Antigranizo  
San Miguel, Provincia de Buenos Aires  
República Argentina

RESUMEN

Se analiza la conducta de las precipitaciones registradas en el transcurso de tres temporadas (1976-77 a 1978-79) en la región norte de la provincia de Mendoza a través del empleo de las variables diámetro real del granizo caído, energía cinética total del impacto y cantidad de precipitación acumulada.

Se determinan frecuencias horarias de ocurrencia de granizadas para toda la zona y por longitud geográfica dentro de la misma y la relación entre los focos de granizo y de precipitación líquida, graficándose el análisis de los datos de algunas tormentas.

El material analizado aporta elementos a la climatología del granizo, sin intervención artificial sobre las nubes que lo producen.

ABSTRACT

The behaviour of rainfall and hailfall in northern Mendoza is studied by means of the variables diameter of hailstones, impact energy and total amount of rainfall.

Time frequency distributions of hailfall are determined both for the whole area under study and for bands of different longitude inside the area. Relationships between maxima of solid and liquid precipitation are also studied and the graphic analysis of data for several storms is shown.

The data analyzed give an approach to the knowledge of climatology of hail before experiments of weather modification.

## 1. INTRODUCCION

Para los programas de lucha antigranizo es necesario un conocimiento detallado de la climatología del granizo para ampliaciones de la zona experimental de defensa, para ajuste de las técnicas operativas y para disponer de un marco más real acerca del comportamiento natural de las granizadas a los fines de la evaluación de la efectividad de los métodos de acción que se ensayen.

A los fines apuntados ya ha sido manejada la información disponible en distintas épocas (Grandoso, 1966; Núñez y otros, 1975). En el presente trabajo se procesa la información reunida en el transcurso de tres temporadas o sea en los meses de octubre a marzo de los años 1976-77 a 1978-79, obtenida de la red de observación instalada en la zona norte de la provincia de Mendoza. Esta red está distribuida sobre un área circular con centro en la ciudad de San Martín, de un radio de aproximadamente 40 km y contó con un promedio de unos 130 puestos de información. Cada puesto dispone de un medidor de impactos, instrumento que provee información acerca del número y tamaño de los impactos de granizo, y de un pluviogranizómetro, instrumento que mide cantidad de agua caída en sus estados líquido y sólido. La información sobre horario de ocurrencia proviene de los agricultores que atienden los mencionados puestos.

## 2. ANALISIS DE LA INFORMACION

## 2.1 Distribución horaria.

Con los datos que se disponen de horario de ocurrencia de granizo de las tres temporadas se contó para cada hora del día el número de veces en que la primera denuncia de granizo se produjo a esa hora. De todas las tormentas consideradas, contaban con información de horario (al menos un dato) 66 de ellas. Esta distribución según la hora del día se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Distribución de la hora inicial de precipitación sólida.

HI	N° de casos	HI	N° de casos
09:00-09:59	1	21:00-21:59	6
10:00-10:59	0	22:00-22:59	10
11:00-11:59	0	23:00-23:59	2
12:00-12:59	0	00:00-00:59	4
13:00-13:59	0	01:00-01:59	4
14:00-14:59	3	02:00-02:59	5
15:00-15:59	4	03:00-03:59	0
16:00-16:59	2	04:00-04:59	1
17:00-17:59	7	05:00-05:59	0
18:00-18:59	6	06:00-06:59	1
19:00-19:59	4	07:00-07:59	1
20:00-20:59	6	08:00-08:59	0

Se observa que la mayoría de los casos (el 94%) se producen a la tarde y madrugada, entre las 14:00 y las 4:00 H.O.A.

Con el objeto de estudiar los horarios de ocurrencia del granizo en relación con la distancia a la cordillera se agruparon los datos anteriores en franjas longitudinales de 10 km de ancho.

Se calcularon para cada franja las frecuencias de ocurrencia de granizo según las horas del día. Se determinaron los horarios más frecuentes en cada franja. Debido a la no muy abundante cantidad de datos, en algunas franjas se obtuvieron dos horarios modales. Los resultados disponibles en cada franja. Este número es importante debido a que teniendo en cuenta la configuración de la red, el número de puestos de observación varía notablemente con la longitud. La tabla 3 muestra las distribuciones en cada franja.

2.2 Distribución de tamaños de granizo.

Respecto de los diámetros de granizo caído se construyeron los histogramas de la variable diámetro máximo registrado en el puesto, considerándose para ello, todos los puestos afectados en las tres temporadas. Los histogramas se muestran en las figuras 1, 2 y 3, mientras que la figura 4 muestra los totales, o sea la suma de los tres histogramas.

Puede observarse que el número de casos para todos los diámetros es notablemente mayor en la temporada 76-77. En las siguientes el menor número de casos se debe a la falta de datos, consecuencia de problemas logísticos de la experiencia. No obstante, en todos los casos el diámetro máximo más frecuente está entre 1 y 1,5 cm.

Tabla 2

Horarios más frecuentes de granizo según la distancia a la cordillera

Distancia al extremo oeste de la red	Hora modal	Hora modal secundaria	Número de casos
00-10 km	17:00-17:59	04:00-04:59	43
10-20 km	16:00-16:59	20:00-20:59	33
20-30 km	20:00-20:59	{ 16:00-16:59 19:00-19:59	74
30-40 km	20:00-20:59	18:00-18:59	60
40-50 km	00:00-00:59	22:00-22:59	96
50-60 km	{ 21:00-21:59 00:00-00:59	{ 18:00-18:59 02:00-02:59	86
60-70 km	18:00-18:59	varias	21
	02:00-02:59		
70-80 km	05:00-05:59	varias	23

Tabla 3  
Distribución de horarios de granizadas según la distancia al extremo oeste de la red.

Hora	00-10 km	10-20 km	20-30 km	30-40 km	40-50 km	50-60 km	60-70 km	70-80 km
09:00-09:59	2	4	1	2	0	2	1	1
10:00-10:59	0	0	0	0	1	0	0	0
11:00-11:59	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00-12:59	0	0	0	0	0	0	0	0
13:00-13:59	0	0	0	0	0	0	0	0
14:00-14:59	4	2	0	0	0	0	0	0
15:00-15:59	3	2	3	3	3	1	0	0
16:00-16:59	6	6	9	1	1	3	0	2
17:00-17:59	11	4	2	4	2	4	1	1
18:00-18:59	1	3	2	8	6	8	2	3
19:00-19:59	3	1	9	3	2	7	2	0
20:00-20:59	1	5	10	12	9	4	2	1
21:00-21:59	1	0	4	3	5	9	2	3
22:00-22:59	2	2	7	5	1	5	1	3
23:00-23:59	0	0	3	2	1	6	2	2
24:00-00:59	1	1	4	4	1	9	0	1
01:00-01:59	0	1	2	1	6	5	1	0
02:00-02:59	2	2	7	5	7	8	3	0
03:00-03:59	0	0	2	2	0	2	0	2
04:00-04:59	6	0	0	0	1	2	1	0
05:00-05:59	0	0	0	0	2	1	1	4
06:00-06:59	0	0	5	2	2	1	0	0
07:00-07:59	0	0	3	1	4	4	0	0
08:00-08:59	0	0	1	2	5	5	1	0

• El extremo oeste de la red está en los 69°20' de longitud oeste

2.3 Distribución del máximo de energía total de impacto por unidad de superficie, por día y por puesto.

Para cada día de tormenta del período citado se localizó el puesto con valor máximo de energía total. Este valor pudo ser obtenido en 72 tormentas, y variaba entre 0,32 joule por m<sup>2</sup> y 5.100 joule por m<sup>2</sup>. Cabe mencionarse que no fueron tenidos en cuenta los casos en que los medidores se saturaron de impactos y los datos de días en que se realizaron experiencias de defensa. Se consideraron 17 intervalos en escala logarítmica, mostrándose las frecuencias en la tabla 4.

Tabla 4

Intervalos (joule/m <sup>2</sup> )		N° de casos
0,32 -	0,55	2
0,56 -	0,99	1
1,00 -	1,77	0
1,78 -	3,15	1
3,16 -	5,61	0
5,62 -	9,99	1
10,00 -	17,77	1
17,78 -	31,61	3
31,62 -	56,22	5
56,23 -	99,99	8
100,00 -	177,82	11
177,83 -	316,22	10
316,23 -	562,33	13
562,34 -	999,99	7
1 000,00 -	1 778,22	4
1 778,22 -	3 162,27	3
1 162,28 -	5 623 40	2

De su análisis podemos destacar que el 70% de los casos se concentran en valores que van de 50 a 1.000 joule/m<sup>2</sup>, lo que deja un pequeño porcentaje para máximos de energía total débiles o severos, todo lo cual es consistente con los valores de los tamaños máximos registrados en la zona, según vimos en el punto 2.2.

3. ANALISIS DE LAS TORMENTAS DEL 30/11/76 Y DEL 22/12/76

Para las tormentas de los días 30/11/76 y 22/12/76 se trazaron las isolinas de los valores de energía iguales al 75% del valor máximo registrado en la tormenta, al 50% y al 25%. La configuración obtenida se muestra en las figuras

5 y 7. En las figuras 6 y 8 se muestran las isolíneas de los mismos porcentajes pero para la precipitación acumulada en el transcurso del pasaje del eco por el puesto. Comparándolas con las figuras anteriores, pueden observarse las posiciones relativas de los máximos de lluvia y granizo.

En el caso del 30/11/76 éstos presentan dificultades para su determinación debido a que uno de los medidores se saturó por los impactos y a que no pudieron obtenerse valores de cantidad de lluvia en sus cercanías. No obstante ello es posible observar una aceptable coincidencia entre las áreas de los máximos de lluvia y granizo que aparecen elongados de sudoeste a noreste. Los máximos secundarios también muestran una cierta concordancia.

En la tormenta del 22/12/76 el máximo de lluvia se encuentra hacia el sudoeste del de granizo, aunque próximo al mismo. Los máximos secundarios es probable que también coincidan (faltan datos de granizo). En ambos casos se puede observar un núcleo centralizado respecto de la manga con un máximo de energía cinética, lo cual coincide con lo mostrado por Mezeix y otros (1976) para la región de Napf.

#### AJUSTE DE LA DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DE ENERGIA TOTAL DE IMPACTO POR UNIDAD DE SUPERFICIE PARA UNA TORMENTA

Tomando como muestra el conjunto de valores de energía total de impacto de los puestos afectados por un eco, se ajustó una distribución para la variable energía total de impacto por unidad de superficie para una única tormenta. Se eligieron los ecos G del día 30/11/76 y C - X, C + X del día 22/12/76 que contaban con 57 y 19 datos de medidores de impacto respectivamente.

Se construyeron los histogramas de frecuencias para distintos intervalos de la variable y se observó que en ambos casos resultaban jetaformes. Se intentó entonces ajustar una distribución Gamma, para lo cual se estimaron los parámetros correspondientes por el método de máxima verosimilitud. Como los parámetros de forma resultaron en ambos casos cercanos a 1, se decidió entonces intentar directamente el ajuste de una distribución exponencial que es una Gamma con parámetro de forma igual a 1 y que tiene la ventaja de su mayor sencillez en el manejo matemático. Se estimaron nuevamente los parámetros para la distribución exponencial por el método de máxima verosimilitud, obteniéndose las siguientes funciones de densidad estimada:

$$30/11/76 \quad f(x) = \frac{1}{373,68 \text{ j/m}^2} \cdot \exp\left(-\frac{x}{373,68 \text{ j/m}^2}\right)$$

$$22/12/76 \quad f(x) = \frac{1}{562,47 \text{ j/m}^2} \cdot \exp\left(-\frac{x}{562,47 \text{ j/m}^2}\right)$$

Para estudiar la bondad de este ajuste se aplicó el test de Kolmogorov-Smirnov, resultando que en ambos casos se acepta la hipótesis de que los valores de energía total de impacto por unidad de superficie para un eco dado están distribuidos exponencialmente con las funciones de densidad mencionadas con un nivel de significación de hasta el 20%.

Se aplicó también el test de la  $\chi^2$  resultando también en ambos casos que se acepta la hipótesis de que los datos constituyen muestras de distribuciones exponenciales con las densidades anteriores, con niveles de significación del 27% y 38% respectivamente. Las figuras 9 y 10 muestran los histogramas de frecuencias acumuladas y la función de distribución acumulada obtenidos.

#### 4. CONCLUSIONES

- 1) En la zona norte de Mendoza las granizadas tienen un carácter netamente vespertino y nocturno.
- 2) La hora de ocurrencia de granizo aumenta con la distancia a la cordillera produciéndose a media tarde en su pie y en horas de la madrugada a unos 80 km de la misma.
- 3) El diámetro más frecuente por cada puesto está comprendido entre 1 y 1,5 cm.
- 4) El 70% de los máximos de energía cinética por puesto está entre 50 y 1.000 joule por metro cuadrado.
- 5) Se observa una coincidencia aceptable entre los máximos de granizo y lluvia de cada tormenta. Tanto en las mangas de granizo como en las precipitaciones líquidas se registran focos de mayor intensidad en la parte media y posterior del campo de precipitación respecto del sentido de avance de la tormenta.
- 6) En los casos para los cuales se disponía la mayor cantidad de datos, fue posible lograr un buen ajuste de la distribución de frecuencias de energía total de impacto por metro cuadrado para una tormenta, a través de la distribución exponencial.

#### BIBLIOGRAFIA

- Brooks, C.E.P. y Carruthers N., 1953: Handbook of statistical methods in Meteorology; Her Majesty's stationery office, Londres.
- Grandoso, H.N., 1966: Distribución temporal y geográfica del granizo en la provincia de Mendoza y su relación con algunos parámetros meteorológicos; Contribuciones científicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, vol I N° 7.
- Lac Prugent, C. 1980: Base estadística para el diseño y la evaluación de una experiencia de supresión del granizo en la República Argentina; San Miguel, provincia de Buenos Aires.

- Mezeix, J.F., Vaissieres, B. y Admirat, P., 1976: Etude physique des chutes de grele dans la region du Napf; Rapport tech., GIEFA N° 22.
- Núñez, J.M., Saluzzi, M.E., Cardoso, R. y Banús, E., 1975: Comportamiento y características de las tormentas graniceras en Mendoza; Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales, Buenos Aires.
- Núñez, J.M., 1979: On the use of a technique for the analysis of Hydrological state and anticipation of the behaviour of severe storms, presentado en el Symposium/Workshop on digital radar reflectivity processing, Edmonton, Canadá (a publicar).
- Panofsky, H.A. y Brier, G.W., 1958: Some applications of Statistics to Meteorology, Pennsylvania State University.
- Strong, G.S. y Lozowsky, E.P., 1977: An Alberta study to objectively measure hailfall intensity; Atmosphere, Vol. 15 N° 1.



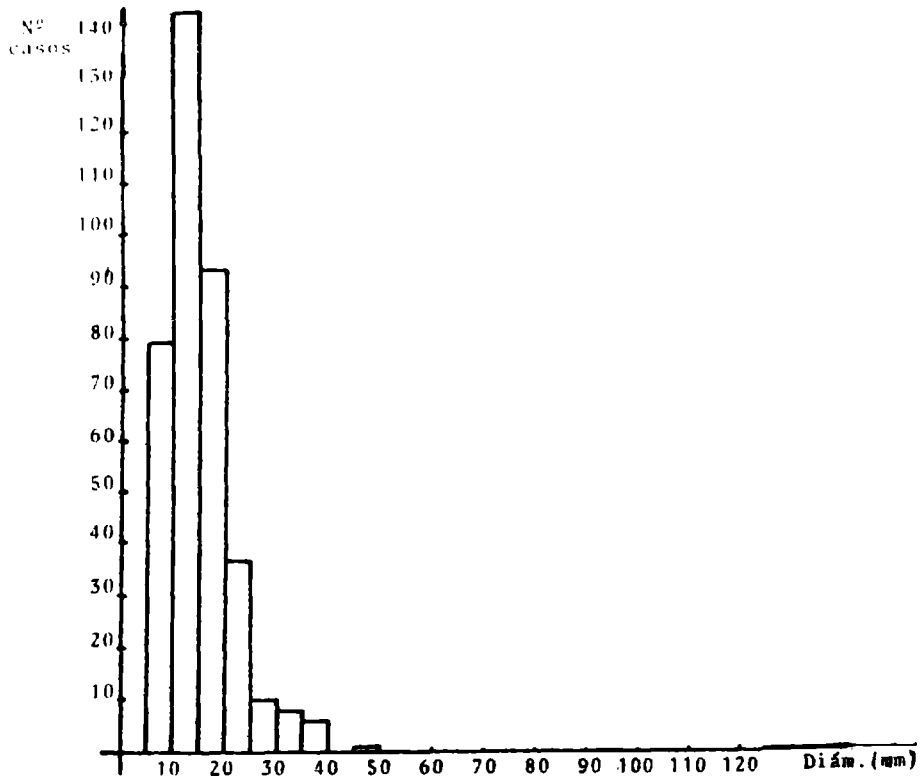


Fig.1: Distribución de frecuencias absolutas de diámetro máximo por tormenta para la temporada 76-77

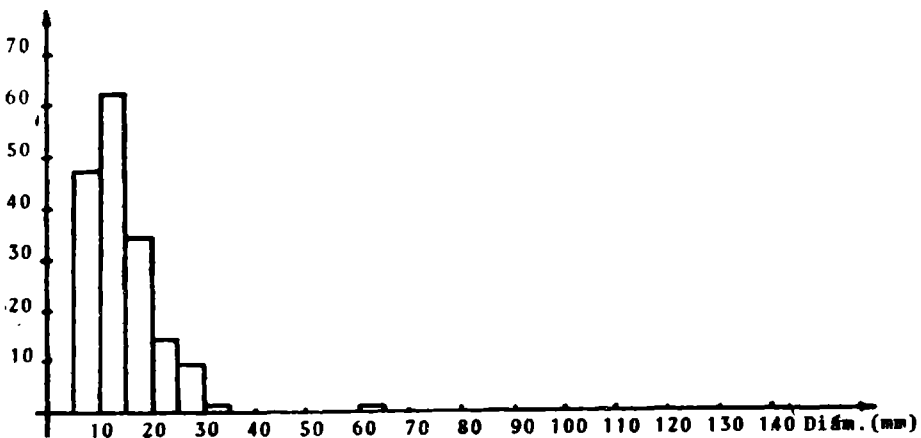


Fig.2: Distribución de frecuencias absolutas de diámetro máximo por tormenta para la temporada 77-78 (18-12-77 al 31-3-78)

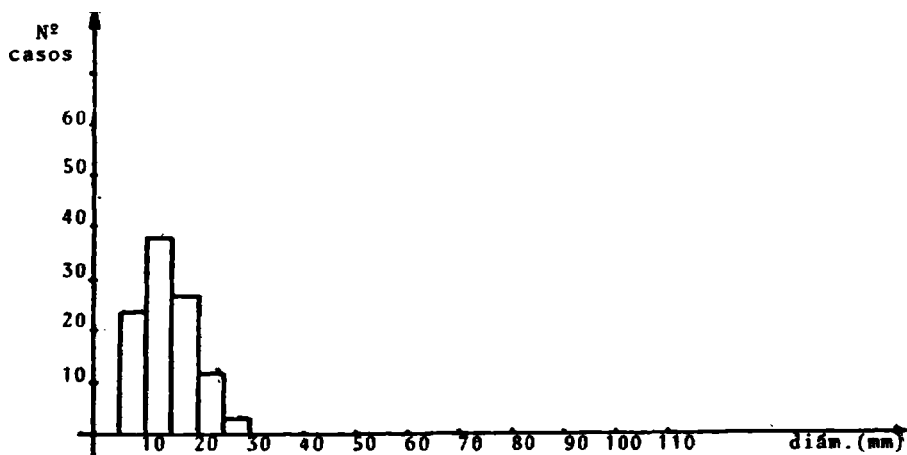


Fig.3: Distribución de frecuencias absolutas de diámetro máximo por puesto para la temporada 78-79

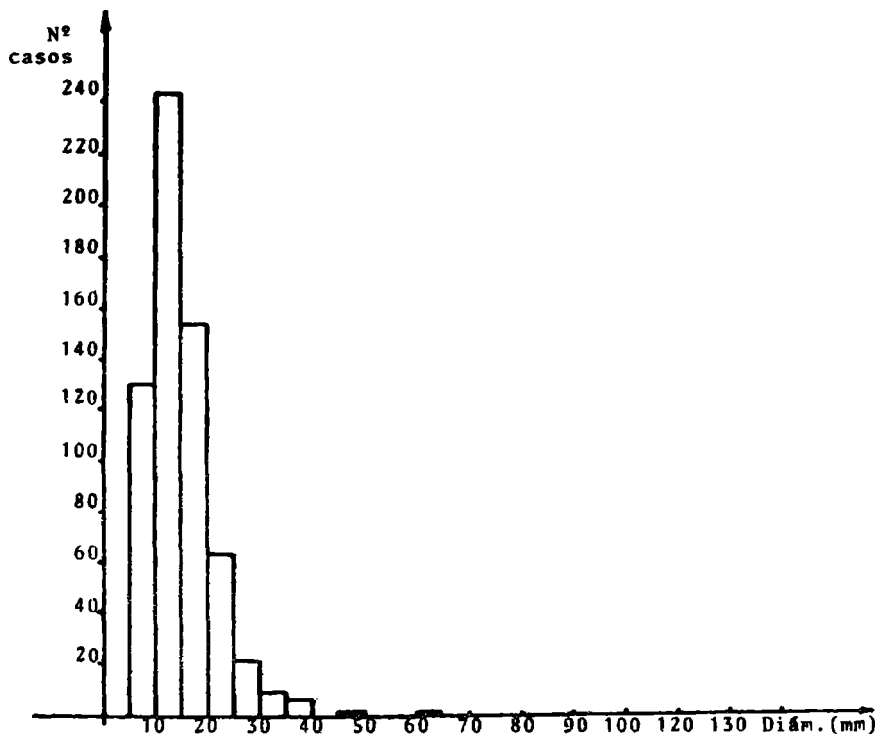


Fig.4 : Distribución de frecuencias absolutas de diámetro máximo por puesto para los datos de las tres temporadas.

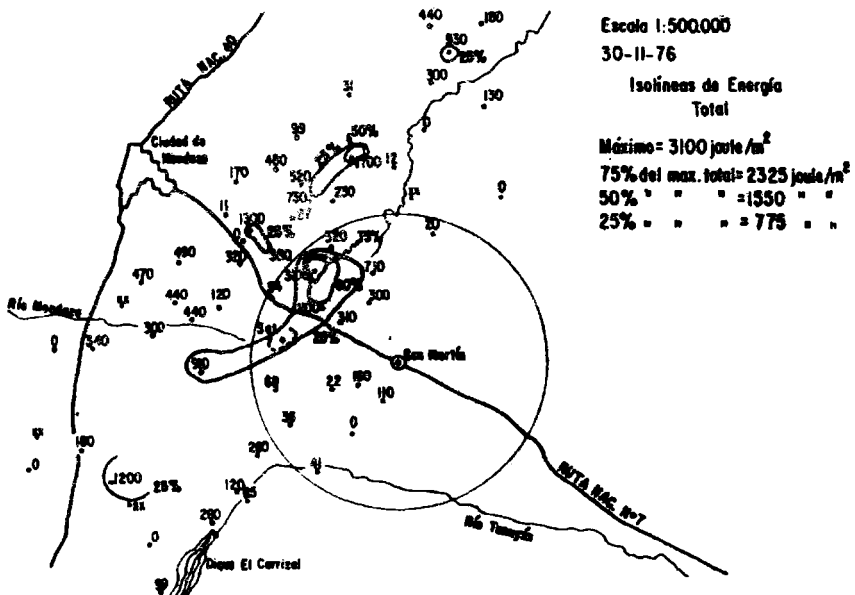
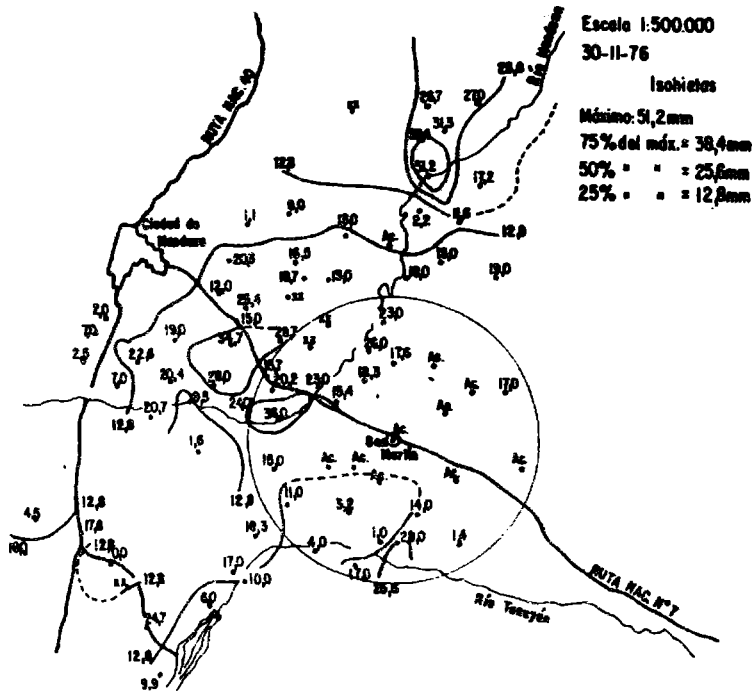


Fig.5: Campo de energía total de impacto por m2 para la tormenta del 30-11-76.



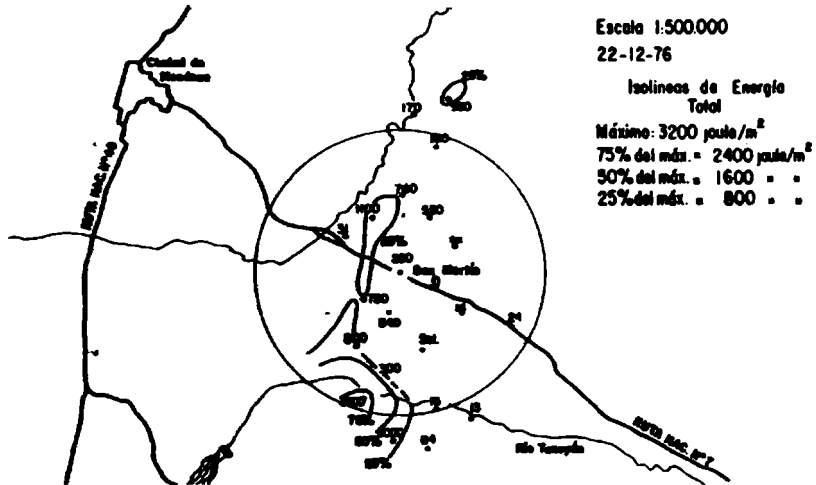


Fig.7: Campo de energía total de impacto por m<sup>2</sup> para la tormenta del 22-12-76.

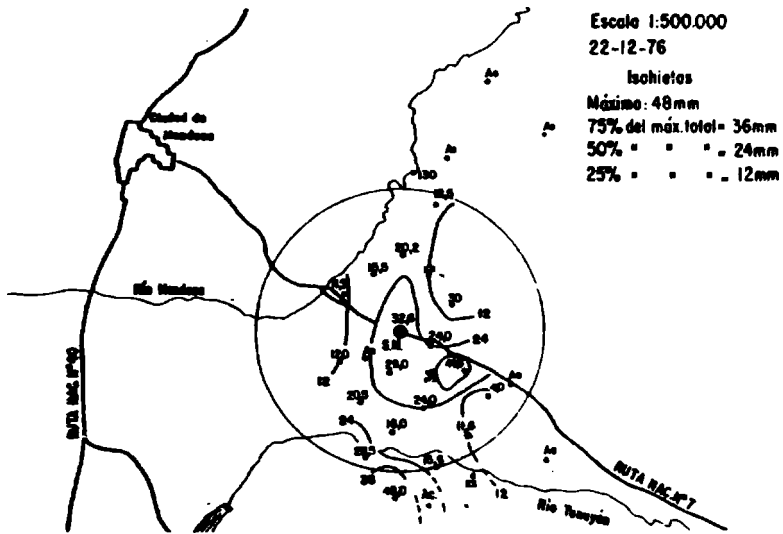


Fig.8: Campo de precipitación para la tormenta del 22-12-76.

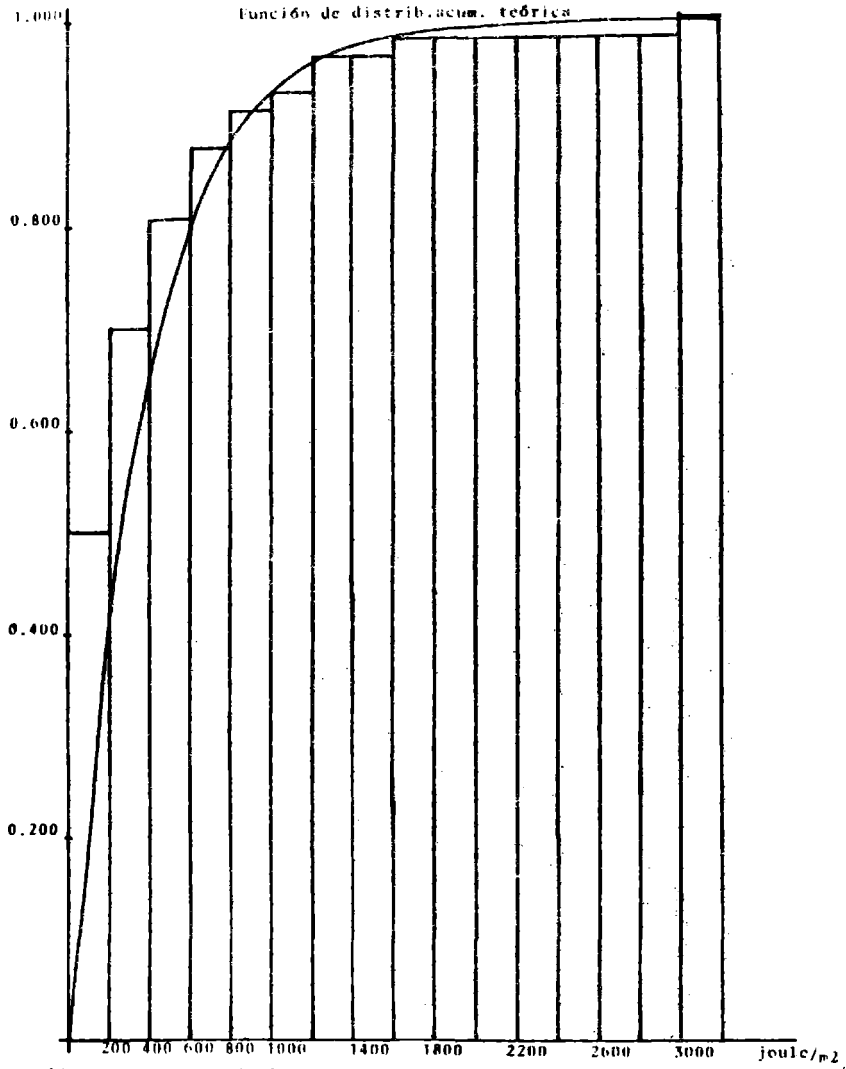


Fig.9: Histograma de frecuencias acumulada observada y función de distribución acumulada teórica para la tormenta del 30/11/76.

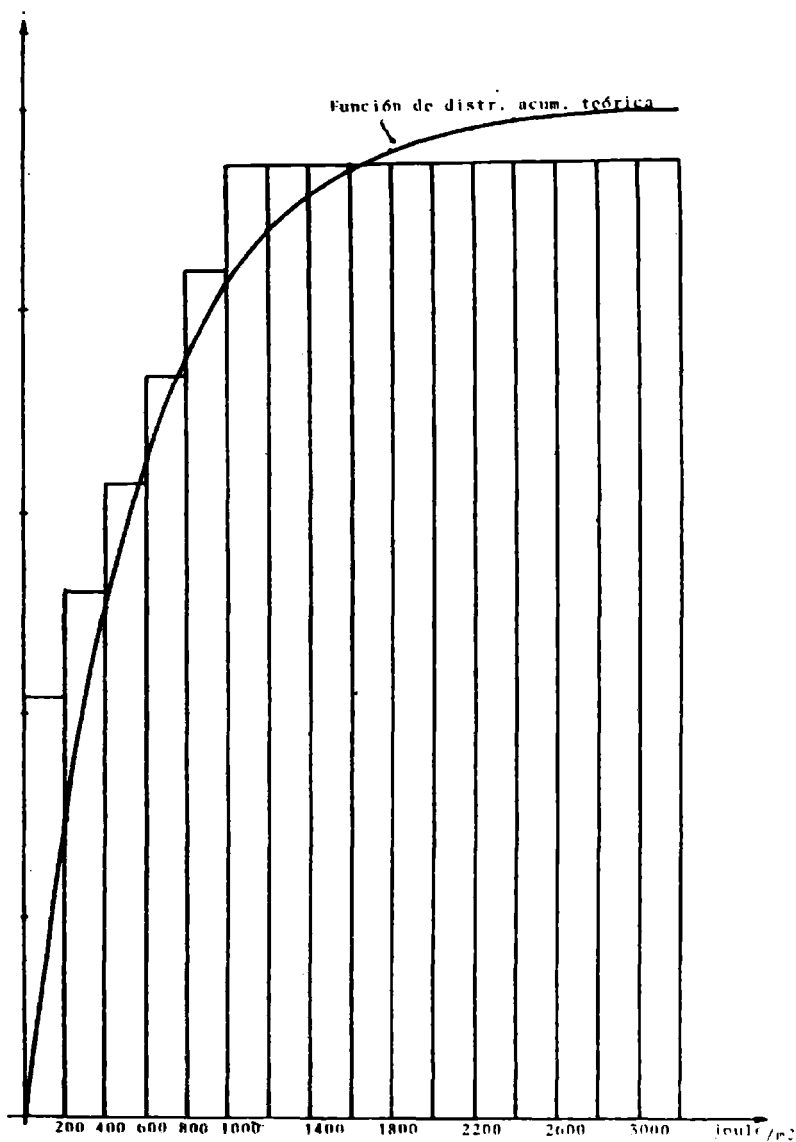


Fig. 10: Distribución de frecuencia acumulada observada y función de distribución acumulada teórica para la tormenta del 22/12/76