

COMPORTAMIENTO DE GRANIZADAS SOBRE DIVERSAS AREAS CULTIVADAS DEL PAIS

MARIA ELENA SALUZZI y JOSE MIGUEL NUÑEZ
Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales

Se tabula y analiza una serie de denuncias de precipitación sólida, que por su cantidad y particularidades son capaces de brindar una imagen confiable del macrocomportamiento del fenómeno.

Se detallan las características de la información y se obtienen algunos valores sistemáticos en el comportamiento: frecuencias anuales, mensuales y horarias y prevalencias en cuanto a tamaño, duración e intensidad de la precipitación, estimadas en total y particularizadas por provincia y localidad.

A series of reports on solid precipitation are tabulated and analysed which, on account of their amount and characteristics, are able to present a reliable image of the phenomenon macrobehaviour.

The characteristics of the information are given in detail and some systematic values are obtained on the behaviour: yearly, monthly and hourly frequencies and prevalence regarding size, duration and intensity of the precipitation, totalized and particularized by provinces and places.

INTRODUCCION

La caída de granizo es uno de los fenómenos meteorológicos de características especiales menos conocido, por cierto que no por infrecuente. Por otra parte en las áreas agrícolas, en circunstancias determinadas, es de los más temidos. La circunstancia de que sean las grandes nubes de tormenta, que en su evolución son capaces de dar granizo, las portadoras de la piedra, provoca la característica aleatoriedad espacial y temporal del fenómeno. Esta es de la misma naturaleza, aunque más acusada, que la que identifica a los chaparrones de lluvia. Si se intenta llevar un registro real de su ocurrencia, la red de observaciones necesaria para tal fin debe guardar tales recaudos de densidad en espacio y tal continuidad en el tiempo para asegurar su eficiencia, que no cabe plantearse su establecimiento, especialmente en grandes áreas.

Sin embargo, en el ámbito del Servicio Meteorológico Nacional se pensó y organizó, hace tiempo, un sistema de recolección de la información primaria que, se supuso, fuera capaz de brindar una imagen más real del fenómeno y que, si bien se interrumpió más tarde, aportó la serie de datos que se utiliza en este trabajo.

LA INFORMACION

Para realizar este trabajo se dispuso de una serie de denuncias de precipitación sólida que cubría las provincias de Río Negro, Neuquén, La Pampa, Buenos Aires, Entre Ríos, Santa Fé y Córdoba.

El período cubierto por la información es distinto según las provincias. Se extiende entre los años 1947 y 1961 en las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos y Córdoba; entre 1947 y 1957 en las provincias de La Pampa y Río Negro; solamente en 1957 en la provincia de Neuquén y en los años 1947 y 1948 en la provincia de Santa Fé.

La información fue recogida primariamente por el Servicio Meteorológico Nacional, a partir de unas tarjetas de denuncia que se repartieron a los agricultores de las provincias mencionadas en las áreas cultivadas, y que proveían una serie de datos sobre las granizadas.

Se mencionaba la provincia y la localidad donde se había originado la denuncia; la fecha, comprendiendo día, mes y año; la hora en la que se produjo la precipitación; una estimación de su duración y algunas características de la piedra tales como un código de granizo para calificarlo en cuanto al tamaño; un código de intensidad para calificarlo en cuanto a si era tupido o débil, ralo; y añadiendo una codificación para explicitar si la piedra cayó acompañada de viento, de lluvia o de ambos fenómenos.

ANALISIS Y PROCESAMIENTO EN LA COMPUTADORA

La información había sido sometida a una previa tabulación y depuración, a partir de la cual se realizó el análisis de sistema para efectuar el procesamiento.

El método llevado a cabo consistió fundamentalmente en un extenso

programa realizado en idioma Cobol, que proveyó de un listado muy completo y exhaustivo de todas las denuncias, vertido en forma ordenada de la siguiente manera:

Se convino en un código para caracterizar, en primer lugar y en orden, la provincia; dentro de la provincia la localidad; fecha ordenada previamente por año, por mes dentro del año, por día dentro del mes y por hora dentro del día.

Respondiendo a ese ordenamiento se dispuso la información básica.

En la misma presentación la computadora consignó la duración del fenómeno; explicitó, según un código, si el fenómeno estaba acompañado de viento o de lluvia y dispuso, en una columna aparte, de la característica explícita cuando no estaba acompañado de ninguno de esos fenómenos; es decir, consignó si el granizo había precipitado sin viento, sin lluvia o sin viento ni lluvia. También anotó el código de tamaño del granizo y el de intensidad de la precipitación.

El programa de **consistencia** aseguró antes del proceso definitivo que fueran salvados los presuntos errores, tanto de origen en la tabulación original, cuanto los eventuales de perforación en los campos y códigos previstos para determinar la provincia, la localidad en la provincia, la fecha: años, meses y día según cada mes, la hora en horas enteras y minutos, el código de duración de la precipitación, el de viento, el de lluvia, el de granizo medio y el de intensidad, de modo que cuando finalmente se procesó la información no padecía de tales errores eventuales.

El proceso, más las planillas de resumen, alcanzó una presentación total de 458 láminas. Para cada localidad se obtuvieron los totales de denuncias de granizada por **estación**, los totales **horarios** en la localidad y los totales **mensuales** de la localidad por año, y lógicamente los totales **anuales**.

Acumuló además por provincias los totales mencionados, y resumió dando el detalle diario, en cada mes, del total de denuncias.

Realizó también por localidad en cada provincia, por provincia y en total, la acumulación de denuncias, según su duración.

Asimismo acumuló las denuncias según el tamaño del granizo medio y según que la precipitación sólida fuera tupida ó débil.

La computadora realizó además un nuevo campo numérico, que se llamó producto, como el resultado de multiplicar el código de granizo medio por la duración en minutos de la precipitación. A partir de ese resultado ordenó las denuncias a partir de los valores que se asignaron a las granizadas: desde **muy intensa** hasta **muy débil**. Esta segunda parte del proceso, que volvió a imprimir en forma ordenada el total de denuncias, alcanzó la presentación de 315 láminas y proveyó un resumen final de totales por provincia arreglado según el producto y la estación del año, de manera que se tuvo para cada provincia totales de verano, otoño, invierno y primavera clasificados desde las precipitaciones muy intensas a las muy débiles.

A los efectos de asegurar la validez de la información en lo que a la importancia de las tormentas concernía, se realizó un tercer listado consignando todas las denuncias cuyo número fuera mayor de 5 por fecha, ordenándolas por fecha y dentro de ella por hora, y consignando la provincia y localidad en que se produjeron y su intensidad, de modo de poder realizar un seguimiento y localización rápidos de las denuncias de precipitación.

DETALLE DE LA INFORMACION

Según el código de tamaños que se ilustra los agricultores consignaron el tamaño dominante de la precipitación observada:

Código de tamaño de la piedra

| Código | Milímetros | |
|--------|------------|----------------------|
| 01 | 05 | maíz, arroz, arveja |
| 02 | 10 | garbanzo, avellana |
| 03 | 15 | almendra, uva |
| 04 | 20 | cereza chica, guinda |
| 05 | 25 | cereza grande |
| 06 | 30 | nuez |
| 07 | 35 | ciruela |
| 08 | 40 | |
| 09 | 45 | |
| 10 | 50 | huevo de gallina |
| 11 | 55 | huevo de pato |
| 12 | 60 | |
| 16 | 80 | |
| 20 | 100 | |

Tabla 1

A partir de esta clasificación y multiplicándola por la **duración**; estimada por el agricultor, del tiempo de caída de la piedra, se añadió a la información el valor **producto** mencionado antes con las siguientes convenciones:

| Escala de intensidad | Producto: Lapso de la precipitación por tamaño de la piedra |
|----------------------|---|
| Muy intensa | Producto \geq 276 |
| Intensa | 275 \geq Producto \geq 231 |
| Muy fuerte | 230 \geq Producto \geq 153 |
| Fuerte | 152 \geq Producto \geq 91 |
| Moderada | 90 \geq Producto \geq 45 |
| Débil | 44 \geq Producto \geq 15 |
| Muy débil | 14 \geq Producto \geq 1 |

Tabla 2

La computadora escribió ambos factores de modo de poder dilucidar la influencia de cada uno sobre la intensidad.

La presentación mostrada permite realizar un análisis posterior que debería redundar en una **tipificación del comportamiento** de la precipitación sólida en la zona cultivada de la pampa húmeda y la provincia de Córdoba a partir de los siguientes totales:

| Nº de denuncias | Provincia |
|------------------------|------------------|
| 636 | Río Negro |
| 92 | Neuquén |
| 219 | La Pampa |
| 3094 | Buenos Aires |
| 1481 | Entre Ríos |
| 1036 | Santa Fé |
| 1876 | Córdoba |
| 8434 | TOTAL |

Tabla 3

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Dado que el fenómeno de la precipitación sólida se caracteriza por su extrema aleatoriedad en espacio y tiempo y la presente muestra está sin duda condicionada, además de las características propias del fenómeno, por el hecho de que los informantes fueron los agricultores (es decir, la muestra —el número de denuncias— es función asimismo de la parcelación del área cultivada —del número de agricultores— y de la respuesta humana) se decidió, para darle mayor representatividad, vincular, por localidad, el número de denuncias con la densidad de población respectiva, obteniéndose de ese modo para todas las provincias y para los totales generales valores de las frecuencias por hora, mes y año que se estiman suficientemente normalizados para obtener de ellas algunas propiedades de sistematicidad en el comportamiento del fenómeno.

De hecho, el universo a que pertenece esta muestra no es conocido, ni es posible conocerlo, ya que el único término de comparación serían las estadísticas del Servicio Meteorológico Nacional. Ellas tampoco (y en mucho menor grado que la muestra de que disponemos) reflejan el comportamiento del fenómeno, ya que la distribución geográfica de las estaciones informantes lo disimula por completo, tanto en tiempo como en espacio.

Se estima, entonces, que la tipificación del comportamiento obtenido para las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos, Córdoba, La Pampa y Río Negro es suficientemente representativo. Sin duda lo es en menor grado para Neuquén (dos años de datos) y Santa Fe (un año) pero es significativo que el comportamiento del fenómeno en estas provincias no muestre singularidades incompatibles con el resto de la información, o inexplicables.

Se presenta, con la ayuda de distintos gráficos, el análisis primario de los resultados:

GRAFICO DEL TOTAL DE FRECUENCIAS HORARIAS NORMALIZADAS (FIGURAS 1 - 2)

Se observa notable prevalencia de la actividad granicera vespertina y nocturna. El lapso de máxima actividad se extiende entre las 16 y las 18 horas, la precipitación se produjo con más frecuencia a las 17 horas.

En todas las provincias (incluidas Neuquén y Santa Fé) se observa la prevalencia mencionada, siendo el desfase de la hora de máxima, a lo sumo, de una hora.

Entre Ríos configura una excepción pues, si bien tiene un máximo vespertino, presenta otro del mismo rango a la hora 2 de la madrugada.

Las horas de menor actividad son las matutinas, de 6 a 8; la mínima se verifica a la hora 7, situación compartida por todas las provincias, con la salvedad de que la hora específica de actividades mínima es más fluctuante que la de máxima, aunque siempre matutina (Obsérvese el gráfico correspondiente a Entre Ríos, Figura 2).

GRAFICO DEL TOTAL DE FRECUENCIAS MENSUALES NORMALIZADAS (Figura 3)

Los meses de máxima actividad son setiembre, octubre y noviembre; el máximo absoluto recae en noviembre. Las provincias particularizadas coinciden todas en la misma época, fluctuando entre los 3 meses mencionados. El mínimo se registró en el mes de febrero; el período de mínima actividad fue de febrero a abril, y también julio, coincidiendo en tal período todas las provincias.

LAS FRECUENCIAS ANUALES TOTALES

Estos totales (aunque lo sean de frecuencias normalizadas por localidad) son los valores más dudosos en cuanto a representatividad, ya que en el período completo de los 15 años el número de provincias informantes (y por lo tanto de denuncias) no fue constante. El total anual de denuncias no interesa en forma absoluta. Importaba la comparación relativa de las frecuencias para conocer los períodos de máxima y mínima actividad. Al observar las cifras aparecen los años 1947, 1948 y 1949 como muy activos, y los años 1953 y 1957 siguiéndolos en importancia, mientras los mínimos aparecen en los años 1951, 1956 y 1958. Para confirmar este comportamiento, en uno de los listados preparados (ordenados por fecha y hora, provincia y localidad) fue posible individualizar, por año, **el número de tormentas** que habían ocasionado las denuncias de precipitación sólida (siempre que alcanzaran un mínimo de 5 denuncias por fecha y localidad). Según ese análisis resultaron los años 1947, 1948 y 1949 con mayor número de tormentas, siguiéndolos los años 1953 y 1957, y con muy pocas tormentas importantes los años 1954, 1956 y 1958. Es decir, prescindiendo de los valores absolutos, este análisis posterior permitió también caracterizar el comportamiento en cuanto a que existen períodos de mayor y menor actividad cuyo lapso parece ser del orden de 2 a 3 años. No podemos hablar, sin embargo, de variaciones periódicas claras, dado que el número de años estudiados no permite corroborar, si existiera, ese tipo de comportamiento.

TIPIFICACION SEGUN LA INTENSIDAD DE LAS GRANIZADAS

Las granizadas fueron clasificadas, de acuerdo con lo explicado anteriormente, según el valor del "producto" que definía su **intensidad**, resultando en el cuadro general siguiente:

| TOTAL No de Denuncias | Muy Intensas | Intensas | Muy Fuertes | Fuertes | Moderadas | Débiles | Muy Débiles |
|-----------------------------|-----------------|----------|----------------|---------|-----------|---------|----------------|
| 8434 | 42 | 52 | 145 | 450 | 1482 | 2927 | 3336 |

Tabla 4

que otorga una prevalencia marcada a las granizadas, tipificadas como moderadas, débiles y muy débiles. Esta clasificación fue realizada asimismo para cada provincia, en forma análoga. Sin embargo dos provincias, Santa Fe y Córdoba, mostraron una fuerte presencia de las granizadas intensas y muy intensas, mientras en Buenos Aires y Entre Ríos, en especial, predominaron las débiles y muy débiles.

TIPIFICACION EN CUANTO AL TAMAÑO DE LA PIEDRA (Figura 4)

El gráfico muestra una aceptable distribución de tamaños mostrando la prevalencia de los granizos de tamaños 2, 3 y 4, es decir, de hasta 20 mm de diámetro.

TIPIFICACION EN CUANTO A LA DURACION EN TIEMPO DE LA PRECIPITACION SOLIDA (Figura 5).

El gráfico muestra la gran preponderancia de precipitaciones muy breves, del orden de los 5 minutos, lo cual parece bastante lógico si se considera que cada denuncia significa un observador sobre el cual transitaba la nube de tormenta con su foco granicero.

Se observa asimismo, para pocas denuncias, sin duda las que correspondieron a grandes tormentas, períodos realmente prolongados de caída de granizo. Para tales casos debe considerarse que los observadores han registrado el tiempo total de tránsito de la tormenta, que sin duda presentaba varios focos graniceros, lo que implicó, para un sitio determinado, sucesivas e intermitentes granizadas mientras duró el pasaje de las grandes nubes.

CONCLUSIONES

El análisis de comportamiento general que hemos mostrado se ha particularizado por provincia y por localidad. La suma de información obtenida es en especial abundante y detallada, permitirá análisis y estudios posteriores y servirá

sin duda como término de comparación con datos que podrán obtenerse ulteriormente. De todos modos es la primera vez que se puede mostrar alguna sistematicidad en el comportamiento del fenómeno extendido sobre áreas tan amplias como la pampa húmeda en nuestro país.

En trabajos posteriores podrá mostrarse el comportamiento referido a la ocurrencia de grandes tormentas que pueden individualizarse a través de las denuncias procesadas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores destacan la importante colaboración de la Licenciada María Isabel Spreafichi, que tuvo a su cuidado el trabajo computacional. Este fue analizado y procesado en el Sistema de Computación Automática de Datos de la Fuerza Aérea Argentina, cuyo apoyo permitió la realización del trabajo.

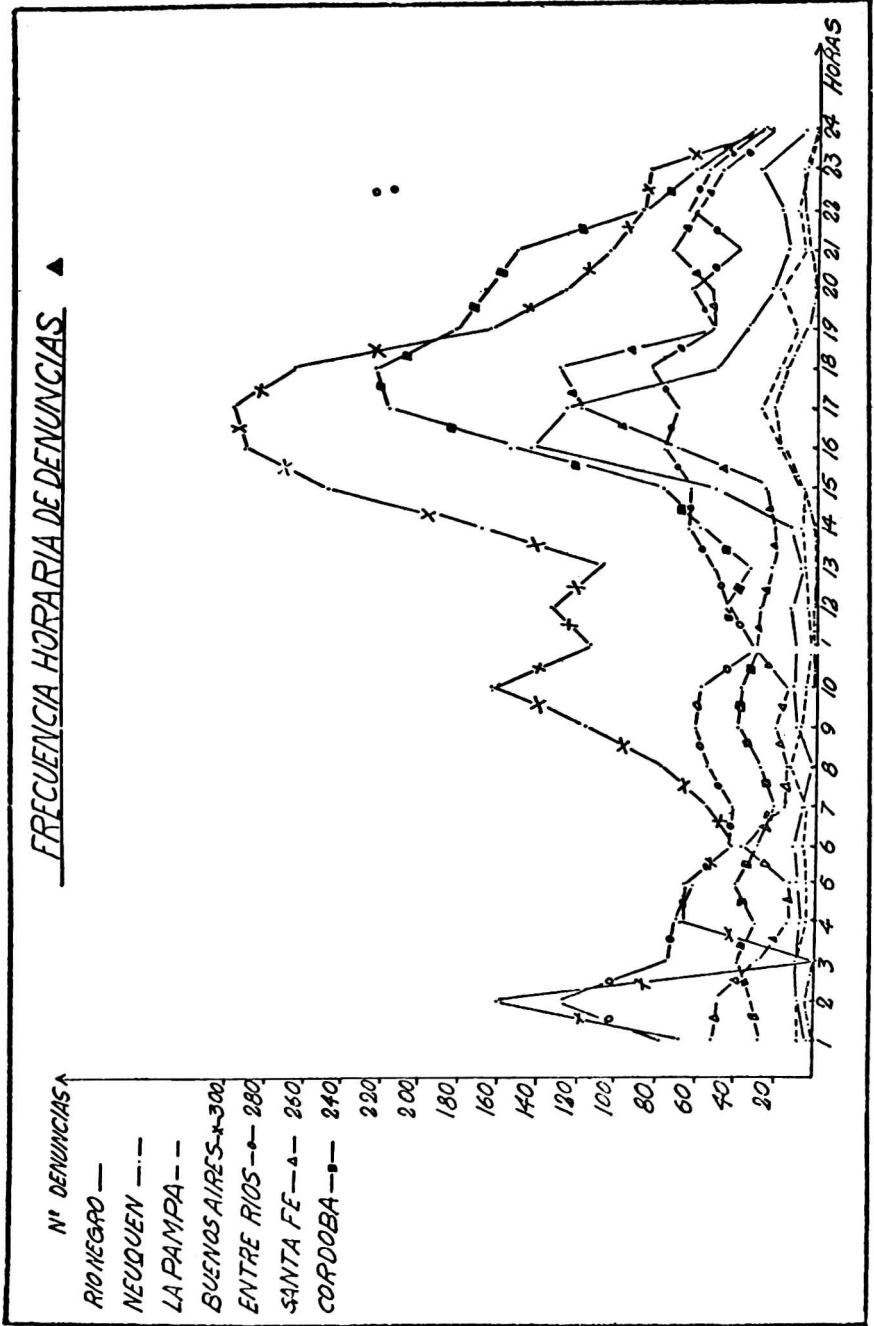


Figura 1

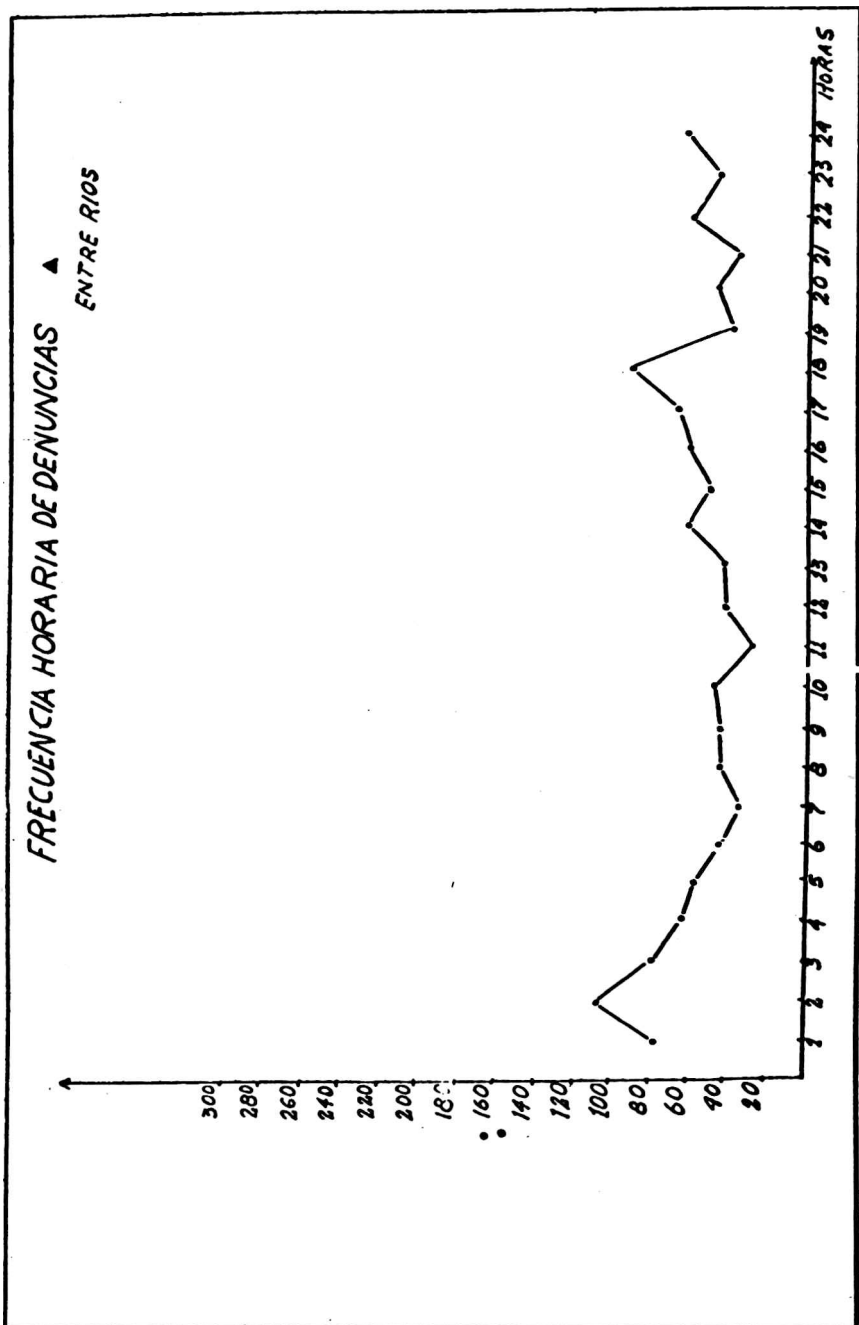


Figura 2

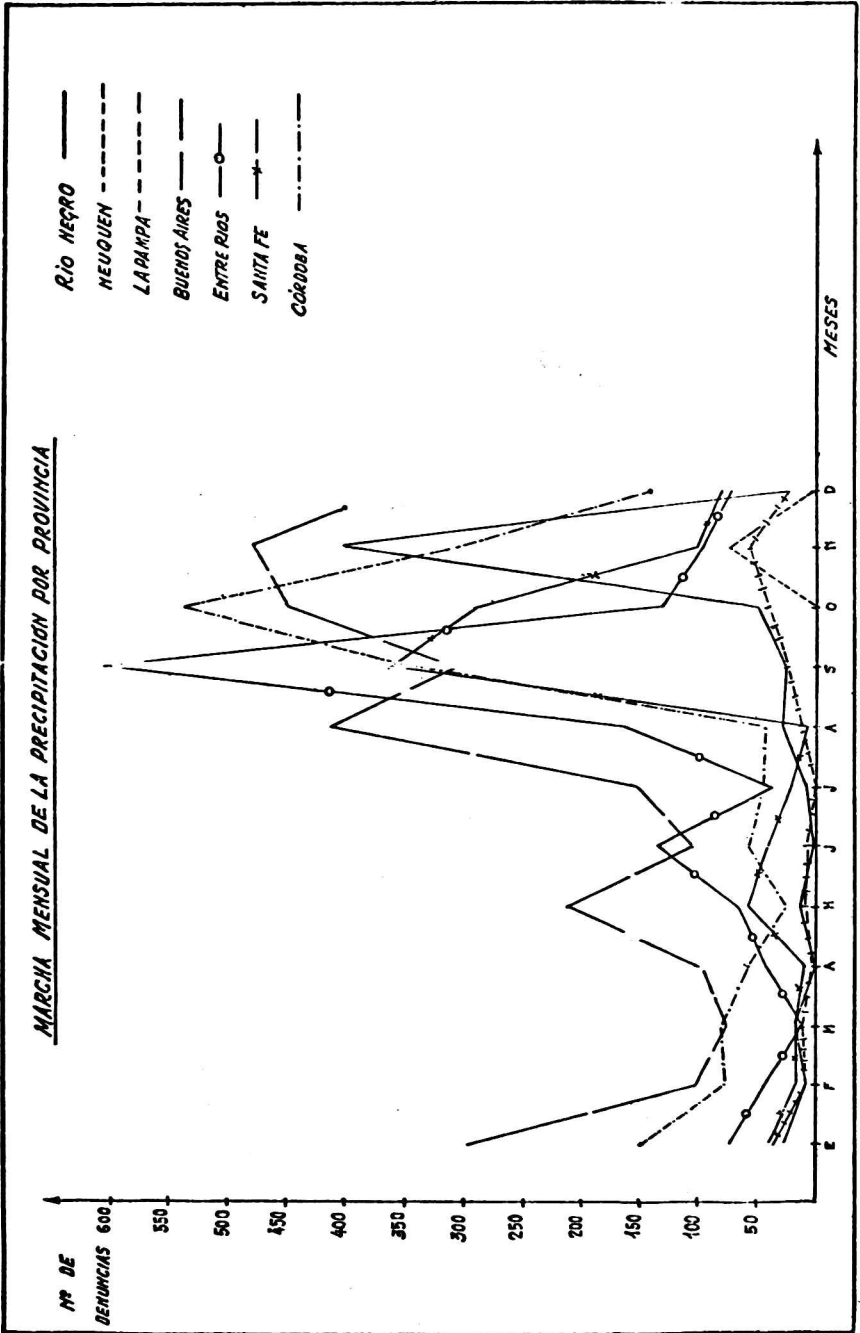


Figura 3

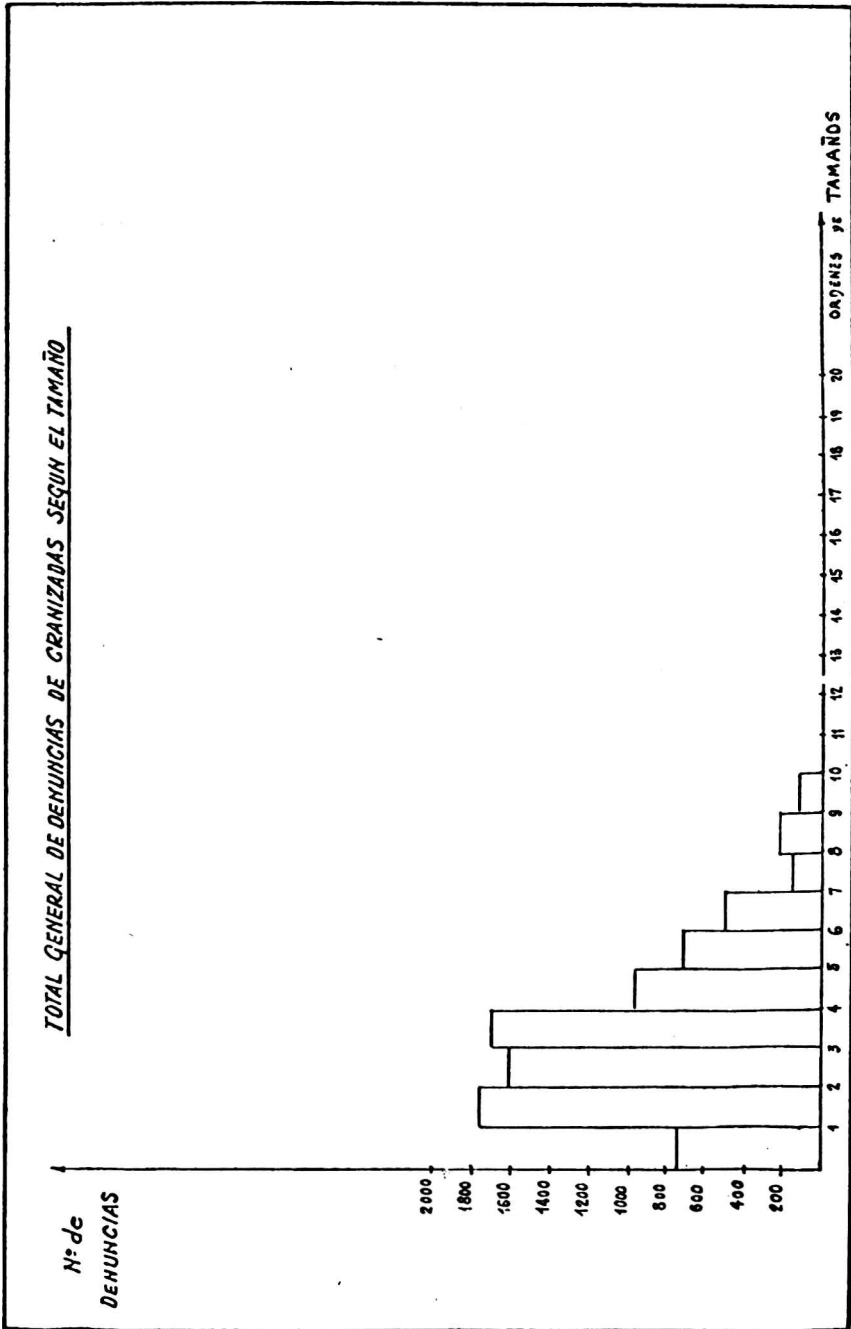


Figura 4

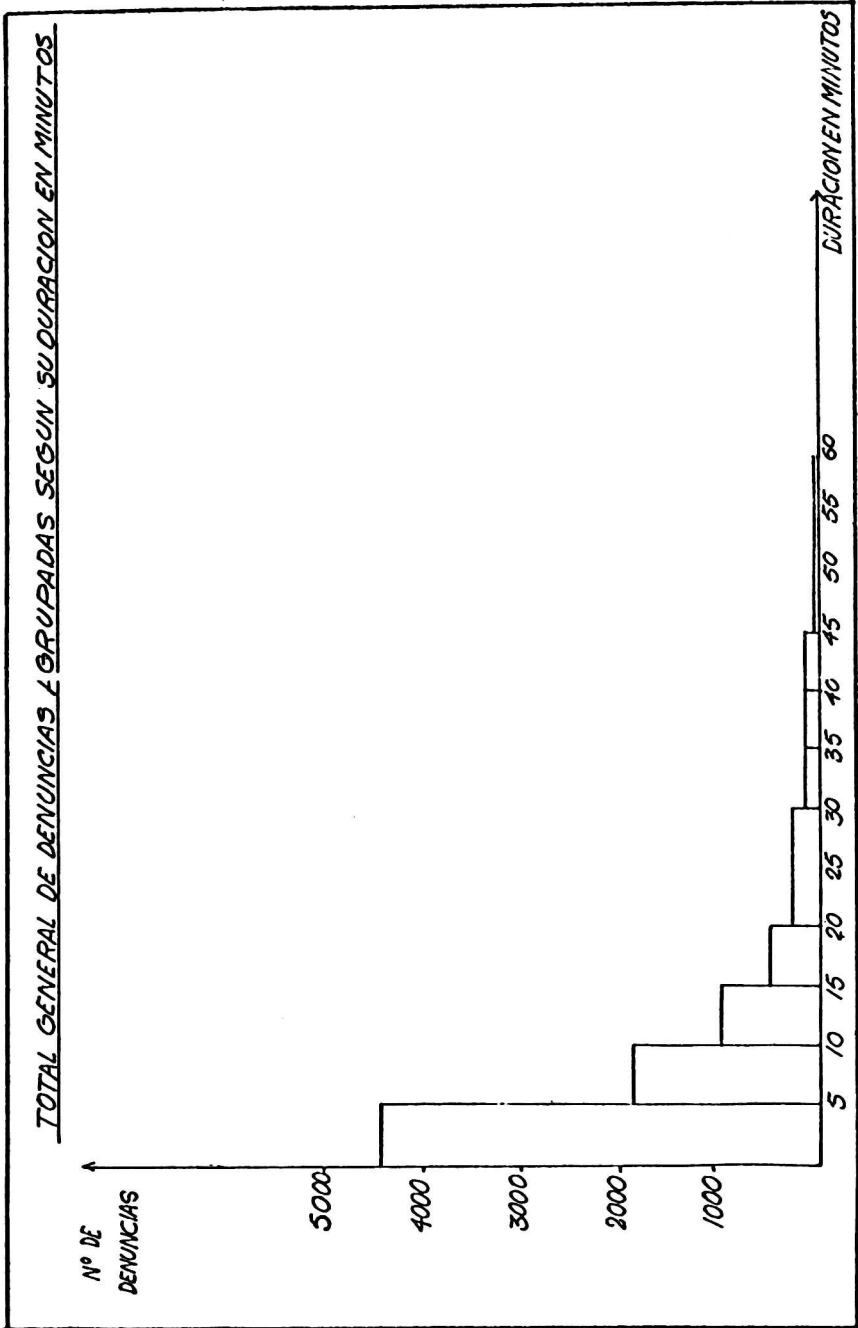


Figura 5

BIBLIOGRAFIA

- Garabatos, M. y Nuñez J. M., 1969: Análisis de una tormenta de granizo en el Alto Valle del Río Negro y Neuquén; Publicación C, n. 6, Servicio Meteorológico Nacional.*
- Grandoso, H. N., Zawadski, I. y Sieski, A., 1966: Influencia del viento en altura sobre el desarrollo de tormentas. Serie Meteorológica, v. 1, n. 8. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA.*

BIBLIOGRAFIA GENERAL

- Estadísticas Climatológicas Años 1901-1950 y 1951-1960. Publicación B. n. 1 y n. 6. Servicio Meteorológico Nacional.*
- Rider, P.R., Introduction to Modern Statistical Methods, John Wiley and Sons, Inc., U.S.A.*